EXPERIENTIA

REVUE MENSUELLE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES
MONATSSCHRIFT FÜR DAS GESAMTE GEBIET DER NATURWISSENSCHAFT
RIVISTA MENSILE DI SCIENZE PURE E APPLICATE
MONTHLY JOURNAL OF PURE AND APPLIED SCIENCE

Editores:
A.v.MURALT · L.RUZICKA · J.WEIGLE
Bern Zürich Genève

Redactor: P.-D. Dr. H. Mislin, Basel

VERLAG BIRKHÄUSER AG. · BASEL 10
SUISSE - SCHWEIZ - SVIZZERA - SWITZERLAND

UNIVERSITY OF ... JAN 29 1948 LIBRARY

Vol. III - Fasc. 12 Dec. 15. XII. 1947 Fr. 2.—

SOMMAIRE - INHALT - SOMMARIO - CONTENTS

M. J. Dallemagne et H. Brasseur: Un cas d'interprétation difficile: La nature du sel principal de l'os étudiée par la diffraction des rayons X 469

E. v. d. Pahlen: Der Aufbau des galaktischen Systems . . 471

Brèves communications - Kurze Mitteilungen - Brevi comunicazioni - Brief reports

R. Abrams: Synthesis of Symmetrically Labeled Acetic Acid from $BaCO_3$ 488

L. Hernandez and F. F. Nord: On the Mechanism of Catalytic Hydrogenation and Dehydrogenation with Rhodium 489

F. Grün: Diffusionsmessungen an Kautschuk 490

E. Brandenberger und A. Frey-Wyssling: Über die Membransubstanzen von *Chlorochytridion tuberculatum* W. Vischer 492

S. Dijkgraaf: Ein Töne erzeugender Fisch im Neapler Aquarium 493

L. Massart, G. Peeters, and A. Vanhoucke: Penicillin and Ribonuclease 494

W. Beck: Neuere Beiträge zur Technik der Fraktionierung der Serumeiweißkörper 495

G. Hamoir: Nouvelle méthode de séparation des myosines α et β 498

G. Astaldi, A. Allegri, and C. Mauri: Experimental Investigations of the Proliferative Activity of Erythroblasts in their Different Stages of Maturation 499

B. Berde: Restitution of the Reduced Heat Tolerance of Thyroidectomized Animals with Thermothyrine 500

B. De Landsheere: Le rein intervient-il dans l'homéostasie de la pression artérielle? 501

P. Bálint and H. B. Kabdebó: Simultaneous Determination of Sodium, NPN, and Protein in 0·2 ml of Blood Serum (Pro Laboratorio) 502

Nouveaux livres - Buchbesprechungen - Recensioni - Reviews

Waves, by C. A. Coulson (Oliver Boyd, Edinburgh and London, 1944) (Ref. E. Baldinger) 503

Radioactivity and Nuclear Physics, by J. M. Cork (Macmillan & Co. Ltd., London – D. Van Nostrand Co., New York, 1947) (Ref. E. Miescher) 503

Informations - Informationen - Informazioni - Notes

F.-Hoffmann-La-Roche-Stiftung – Bureau International – Society for Cell Biology – Nobelpreise 1947 . . . . . 505/508

Die Sammlung

LEHRBÜCHER UND MONOGRAPHIEN AUS DEM GEBIETE DER EXAKTEN WISSENSCHAFTEN

bezweckt die Herausgabe von Lehrbüchern und Monographien für die Forschung und den Unterricht in allen Disziplinen der Mathematik und der Naturwissenschaften. Die Sammlung gliedert sich in eine *mathematische, physikalische, astronomisch-geophysikalische, chemische, mineralogisch-geotechnische* und in eine *Reihe der experimentellen Biologie.*

Erschienen sind in der

MATHEMATISCHEN REIHE

Band I: *Versicherungsmathematik.* Von Dr. E. Zwinggi, Professor an der Universität Basel. 199 Seiten mit 15 Figuren. Ganzlbd. Fr. 27.–, brosch. Fr. 23.–.

Band II: *Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes.* Von Dr. R. Fueter, Professor an der Universität Zürich. 180 Seiten mit 106 Figuren. Ganzleinenband Fr. 22.50, broschiert Fr. 18.50.

Band III: *Statistische Methoden für Naturwissenschafter, Mediziner und Ingenieure.* Von Dr. A. Linder, Professor an der Universität Genf. 150 Seiten mit 38 Figuren. Ganzleinenband Fr. 18.50, broschiert Fr. 15.50.

Band IV: *Vorlesungen über Differential- und Integralrechnung.* Von Dr. A. Ostrowski, Professor an der Universität Basel. I. Band: Funktionen einer Variablen. 385 Seiten mit 42 Figuren. Ganzleinenband Fr. 47.50, broschiert Fr. 43.50.

Band VI: *Lehrbuch der darstellenden Geometrie.* Von Dr. E. Stiefel, Professor an der Eidg. Techn. Hochschule in Zürich. 174 Seiten mit über 130 Figuren. Ganzleinenband Fr. 28.50, broschiert Fr. 24.50.

CHEMISCHEN REIHE

Band I: *Grundlagen der Stereochemie.* Von Dr. P. Niggli, Professor an der Eidg. Techn. Hochschule und der Universität Zürich. 283 Seiten mit 207 Figuren. Ganzleinenband Fr. 32.50, broschiert Fr. 28.50.

Band II: *Röntgenographisch-analytische Chemie.* Von Dr. E. Brandenberger, Professor an der Eidg. Techn. Hochschule in Zürich. 287 Seiten mit 121 Figuren und 10 Tabellen. Ganzleinenband Fr. 28.50, broschiert Fr. 24.50.

In Vorbereitung befinden sich:

Band III: *Carotinoide.* Von Dr. P. Karrer, Professor an der Universität Zürich.

Band IV: *Lehrbuch der organischen Chemie.* Von Dr. P. Ruggli, weiland Professor an der Universität Basel.

Verlangen Sie bitte unser Verlagsverzeichnis über wissenschaftliche Werke sowie ausführliche Prospekte einzelner Bände.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

VERLAG BIRKHÄUSER BASEL

Die «Experientia» erscheint am 15. jedes Monats und kann durch jede Buchhandlung oder direkt beim Verlag bezogen werden. Jahresabonnement Fr. 24.—, Ausland sFr. 28.—; Einzelnummer Fr. 2.50.

Alle redaktionellen Zuschriften sind ausschließlich an den Verlag zu richten; Redaktionsschluß 35 Tage vor Erscheinungstermin.

Die Autoren erhalten 100 Gratisseparata im Format 14,5 × 21 cm ohne Umschlag. Die Kosten für weitere Separata und für Umschläge sind beim Verlag zu erfragen. Separata sind vor dem Druck der Zeitschrift zu bestellen.

Insertionspreise: $^1/_1$ Seite Fr. 200.—, $^1/_2$ Seite Fr. 120.—, $^1/_4$ Seite Fr. 70.—, $^1/_8$ Seite Fr. 40.—. Aufträge an den Verlag.

L'«Experientia» paraît le 15 de chaque mois. Vente et abonnement dans toutes les librairies ou chez l'éditeur. Abonnement fr. 24.— par an pour la Suisse, pour l'étranger fr.s. 28.—; le numéro fr. 2.50.

Adresser toute correspondance touchant la rédaction exclusivement à l'éditeur; dernier délai d'admission pour les manuscrits: 35 jours avant la parution.

Les auteurs recevront gratuitement 100 tirés à part de format 14,5 sur 21 cm, sans couverture. Pour le prix d'un nombre plus grand et pour la couverture s'adresser à l'éditeur.

Annonces: $^1/_1$ page fr. 200.—, $^1/_2$ page fr. 120.—, $^1/_4$ page fr. 70.—, $^1/_8$ page fr. 40.—. Demandes à l'éditeur.

Verlag Birkhäuser AG., Basel 10 (Schweiz), Elisabethenstraße 15, Telephon (061) 498 00, Telegrammadresse: Edita Basel

EXPER.

Printed in Switzerland – E. Birkhäuser & Co., Basel

LANCELOT HOGBEN

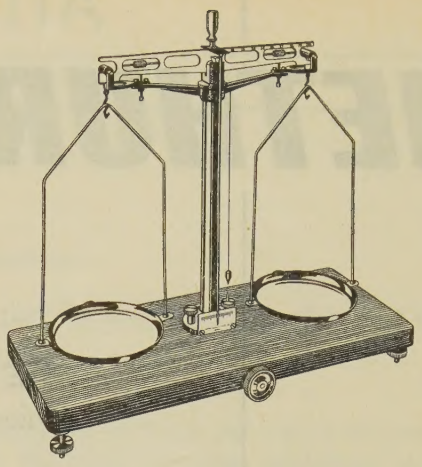
MENSCH UND WISSENSCHAFT

Die Entstehung und Entwicklung der Naturwissenschaften aus den sozialen Bedürfnissen.

Ein Buch zur Weiterbildung, das von den Forschungsergebnissen der modernen Wissenschaft eine Brücke zum praktischen Leben schlägt. Sämtliche Bereiche der Naturwissenschaften werden dabei erfaßt. – Deutsch herausgegeben von Professor J. H. Wild. Über 1400 Seiten, 700 Abbildungen und Tabellen. In Lieferungen zu je Fr. 9.20. Verlangen Sie bei Ihrem Buchhändler

den ausführlichen Prospekt

ARTEMIS-VERLAG ZÜRICH



Präzisionswaage

Tragkraft 250 g, Empfindlichkeit 2 mg

Verlangen Sie Offerte

CARL KIRCHNER AG., BERN

Freiestraße 12 Telephon (031) 2 45 97

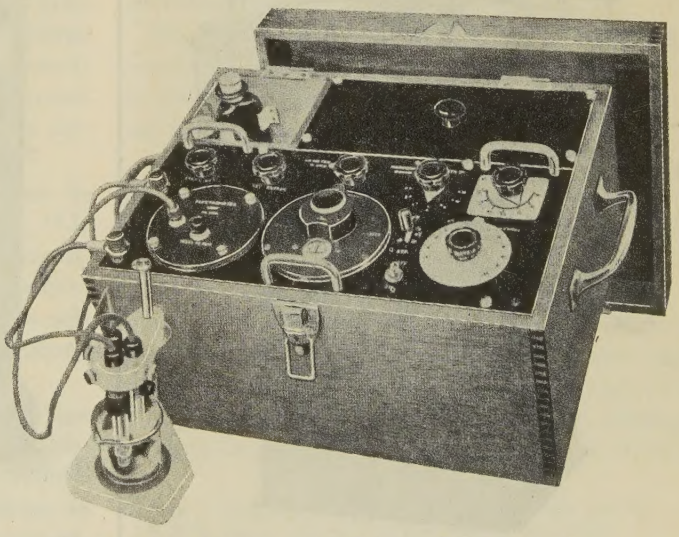
Marconi Electrometer TF 511-D

Elektrometer mit hohem Eingangswiderstand zur Messung kleiner Potentialdifferenzen. Speziell entwickelt für die Bestimmung des pH mittels der mit dem Gerät gelieferten Glaselektroden. Kompensatorskalen geeicht in pH und mV. Bei Betrieb als mV-Meter geeignet zur Messung von rH oder Oxydationspotentialen.

Hauptsächliche Daten:
Bereich: 0—14 pH, erster Teilstrich 0,02 pH
0—1400 mV, erster Teilstrich 2,0 mV
Genauigkeit: ± 0,02 pH, ± 2 mV ± 0,2 %
Empfindlichkeit: besser als 0,02 pH oder 1 mV.

Typ TF 511-D batteriegespiesen (9 + 4,5 + 1,5 V) komplett, mit Elektrodenkette, Batterien und Puffertabletten **Fr. 1385.–**

(Ebenfalls lieferbar mit stabilisiertem Netzteil)



Wir führen weitere Geräte der Marken RADIOMETER und MACBETH. Auskünfte und Unterlagen durch die Generalvertretung

SEYFFER

SEYFFER & CO. AG., ZÜRICH

Kanzleistraße 126 - Tel. (051) 25 69 56–59

METHURAL

das hochwirksame Desinfiziens
des Mund- und Rachenraumes

METHURAL ist nunmehr in zwei verschieden aromatisierten Formen im Handel

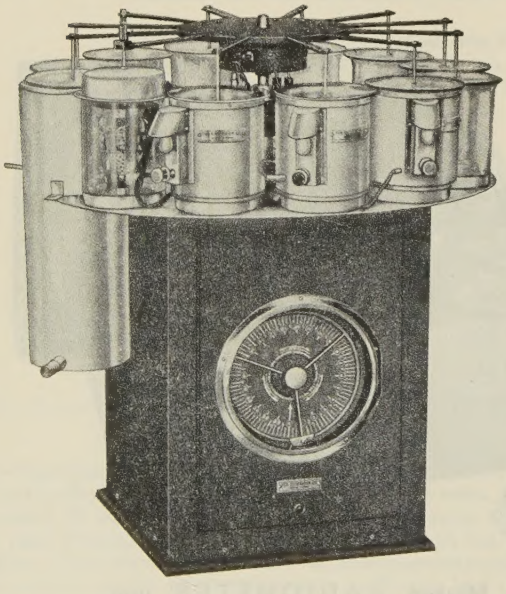
1. METHURAL mit *Oleum anisi*
2. METHURAL mit *Oleum menthae*

CILAG

SCHAFFHAUSEN

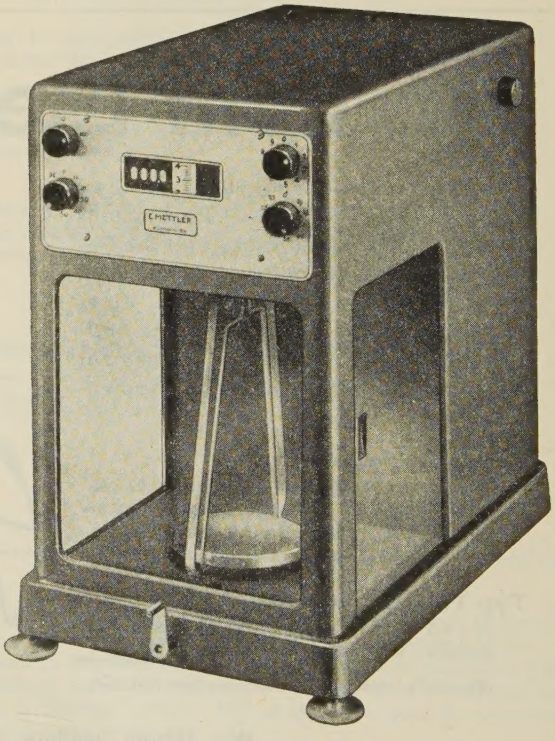
Packungen: 36, 250 und 1000 Tabletten

AUTOTECHNICON



für rasche, selbsttätige Herstellung von mikroskopischen Präparaten. Unentbehrlich für Pathologen, Chirurgen, Spitäler.

Alleinvertreter: **Strübin & Co., Basel**
Gerbergasse 25



Analysenwaagen (Schnellwaagen)
Maximalbelastung 200 g, optischer Bereich 100 mg
Ablesegenauigkeit je nach Type $^1/_{10}$, $^1/_{20}$ mg

E. METTLER Präzisionsapparate
KÜSNACHT-ZCH. Telephon (051) 91 16 50

EXPERIENTIA

Vol. III - Fasc. 12 Pag. 469–508 15. XII. 1947

Un cas d'interprétation difficile:

La nature du sel principal de l'os étudiée par la diffraction des rayons X

Par M. J. DALLEMAGNE et H. BRASSEUR[1]

La méthode de détermination des structures moléculaires par la diffraction des rayons X constitue certes pour le spécialiste une source de renseignements objectifs, mais les résultats qu'elle fournit peuvent être d'interprétation difficile, surtout quand on l'applique à la résolution de problèmes d'ordre biologique. Le cas s'est présenté lors de la détermination de la nature du composé phospho-calcique présent parmi les sels de l'os.

Depuis 1926, la fraction minérale de l'os a été maintes et maintes fois soumise à la diffraction des rayons X. Il nous est impossible de rappeler ici tous les travaux qui ont été consacrés à cette question. Rarement, vu le nombre de recherches entreprises, on a vu une pareille homogénéité dans les conclusions; à la quasi-unanimité des expérimentateurs, le radiogramme fourni par les sels osseux (radiogramme *1*) a été interprété comme la preuve indiscutable qu'il s'agit d'une structure moléculaire d'apatite; cette famille minéralogique est composée de sels complexes résultant de la combinaison de 3 molécules de phosphate tricalcique, $Ca_3(PO_4)_2$, avec une molécule de chlorure, de fluorure, d'hydroxyde ou de carbonate de calcium (radiogramme *2*). Cependant, un désaccord existait en ce qui concerne la nature de l'apatite en question; à cause de l'isomorphisme des divers minéraux de ce type, il paraissait impossible de trancher la question de savoir si la carbonato-apatite ou l'hydroxylapatite était en jeu[2].

Le problème semblait donc difficile à résoudre de façon définitive, mais deux points étaient acquis: 1° le radiogramme des sels osseux accuse la même disposition des raies que les minéraux du groupe de l'apatite; 2° ces raies sont diffuses, ce qui indique que les sels osseux sont groupés en particules cristallines beaucoup plus petites que ne le sont les apatites naturelles.

A première vue, l'attribution aux sels osseux d'une nature de carbonato-apatite semblait la plus plausible, puisque les rapports atomiques $Ca:PO_4:CO_3$ révélés par l'analyse chimique de l'os étaient très voisins de ceux de la carbonato-apatite naturelle[3]. Cependant, cette conception ne paraît pas soutenable parce que le CO_2 est fixé beaucoup plus solidement au minéral qu'aux sels osseux; plus précisément, la courbe d'extraction du CO_2 osseux par la chaleur se superpose à celle du CO_2 du carbonate calcique[1]. De plus, il est possible de dissocier le phosphate du carbonate présent dans l'os grâce à la différence de solubilité des deux sels dans les acides; cette séparation, réalisable quand il s'agit d'un mélange, est impossible à opérer dans le cas d'une combinaison comme la carbonato-apatite[2]. Ajoutons encore que les études physio-pathologiques et physiologiques du squelette accumulaient des preuves en faveur de l'indépendance du carbonate et du phosphate osseux[3]. De là s'est développée l'hypothèse suivant laquelle les sels osseux sont constitués d'un agrégat purement physique d'hydroxylapatite et de carbonate calcique[4]. Cependant, quand partant des résultats de l'analyse chimique de l'os on essaye de reconstituer sous cette forme l'édifice moléculaire entier, on trouve un déficit de cations impossible à combler par le magnésium, le sodium et le potassium présents dans la trame organique du squelette[5].

Une troisième hypothèse, celle qui voulait que le constituant principal des sels osseux fût représenté par le phosphate tricalcique[6], reçut alors des arguments qui vinrent renforcer singulièrement sa position.

L'indice de réfraction des sels osseux correspond exactement à celui de préparations commerciales pures (1,590, déterminé par la méthode de la frange de BECKE en lumière monochromatique de longueur d'onde = 599,1 Å) accusant les caractères chimiques du phosphate tricalcique; il est égal aussi à celui du précipité phospho-calcique obtenu en milieu aqueux quand 3 moles de chaux viennent au contact de 2 moles d'acide phosphorique et présentant à l'analyse chimique le rapport Ca/P caractéristique du phosphate tricalcique.

[1] Université de Liège, Laboratoires de biochimie et d'applications des rayons X.

[2] Les données bibliographiques relatives à cette question sont rassemblées dans l'article suivant: M. J. DALLEMAGNE et H. BRASSEUR, Bull. Soc. Sci. Liège, *11*, 451 et 488 (1942).

[3] F. HOPPE, Arch. path. Anat. Physiol. *24*, 13 (1862).

[1] M. J. DALLEMAGNE, Acta biol. Belg. *1*, 374 (1941).

[2] M. J. DALLEMAGNE, Acta biol. Belg. *2*, 298 (1942).

[3] J. MAREK, O. WELLMANN et L. URBANYI, Z. physiol. Chem. *226*, 3 (1934).

[4] R. KLEMENT, Z. physiol. Chem. *196*, 140 (1931).

[5] M. J. DALLEMAGNE, La nature chimique de la substance minérale osseuse. Thèse d'agrégation de l'Enseignement supérieur; 1 vol. Edit. Gordinne. Liège 1943.

[6] G. L. CLARK, C. S. BUCHER et O. LORENZ, Radiology *17*, 482 (1931).

En lavant les sels osseux au moyen de quantités d'acide susceptibles de décomposer le carbonate, on obtient un résidu solide présentant les caractères chimiques du phosphate tricalcique et l'indice de réfraction de celui-ci[1].

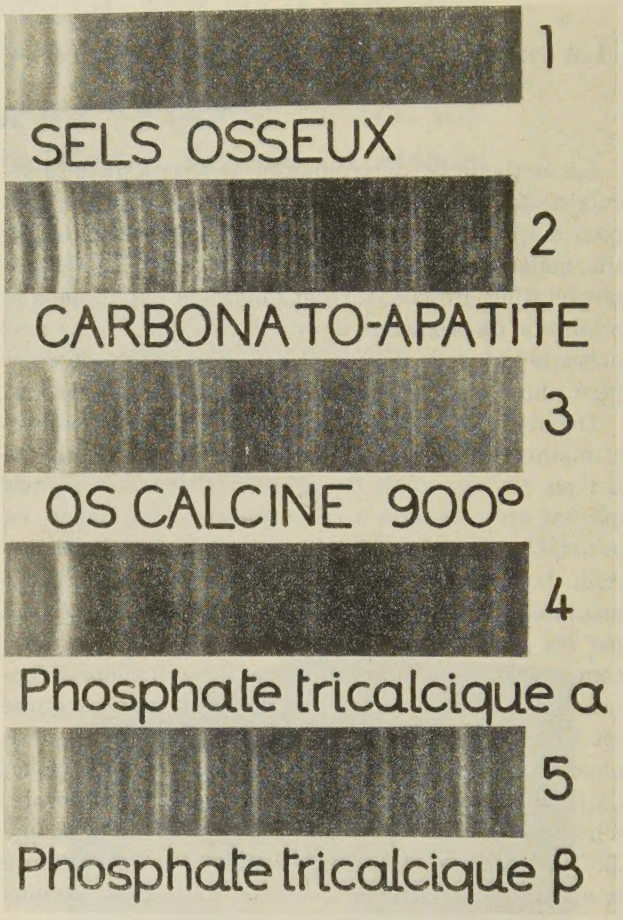
Si la fraction minérale de l'os est calcinée à 900° C dans une atmosphère de CO_2, son indice de réfraction s'élève fortement et atteint celui de la carbonato-apatite naturelle (1,640). Des auteurs avaient déjà constaté que la calcination rend plus fines les raies du radiogramme de l'os (radiogramme *3*); ils interprétaient ce fait en considérant que les remaniements de la masse sous l'effet de la chaleur provoquent une augmentation du volume des cristallites[2]. L'élévation de l'indice de réfraction de 1,590 à 1,640 semblait indiquer cependant une modification structurale plus profonde.

Après la calcination dans le CO_2 à la pression d'une atmosphère, il devient aussi difficile d'extraire le CO_2 des sels osseux que de la carbonato-apatite naturelle et la séparation des deux fractions, phosphate et carbonate, s'avère désormais impossible par voie chimique[3].

Cet ensemble d'observations fit naître l'hypothèse selon laquelle la calcination transforme le mélange purement physique de phosphate et de carbonate de l'os en une apatite vraie. Cela cadre d'ailleurs parfaitement avec la transformation du radiogramme sous l'influence de la calcination: celle-ci rend absolument semblable le radiogramme des sels osseux et celui de la carbonato-apatite.

Mais, si la calcination transforme le sel de l'os en carbonato-apatite, la fraction de celui-ci renfermant le phosphore ne peut présenter les caractères de l'hydroxylapatite et doit correspondre au phosphate tertiaire. Ceci, d'autre part, semblait inadmissible, étant donné qu'une molécule de formule $Ca_3(PO_4)_2$ ne pouvait, à priori, diffracter les rayons X comme la carbonato-apatite accusant la structure $[Ca_3(PO_4)_2]_3 \cdot CaCO_3$. Ce point restait donc à élucider.

L'analyse chimique rigoureuse du phosphate tricalcique a montré que la formule qui lui était attribuée ne correspondait pas toujours à la réalité: il précipite en milieu aqueux sous une forme hydraté (forme α), deux molécules d'eau étant combinées à trois molécules de phosphate, soit $[Ca_3(PO_4)_2]_3 \cdot H_2(OH)_2$. La comparaison de cette formule avec celle de l'apatite montre l'isomorphisme des deux sels. Le radiogramme *4* correspondant au phosphate tricalcique α appuie cette conception; entre ce dernier sel et l'apatite, il n'y a pas de différence de structure moléculaire, mais il y a une différence de volume des cristallites élémentaires. Calciné au dessus de 700° C, le phosphate tricalcique α libère son eau de combinaison, acquiert la composition $Ca_3(PO_4)_2$ et fournit aux rayons X un radiogramme tout à fait différent (radiogramme *5*); il s'agit du phosphate tricalcique β. Si l'on calcine le phosphate tricalcique α à 900° C après l'avoir mélangé intimement avec du carbonate calcique (une mole de chacun des deux sels), la chaleur ne fait plus passer le phosphate



Radiogrammes (méthode de Debye et Scherrer) des sels osseux, de la carbonato-apatite naturelle et de deux formes du phosphate tricalcique.

de la forme α à la forme β: cette fois, les raies demeurent à la même place, mais elles deviennent plus fines (radiogramme semblable aux spectres *2* ou *3*). Sous l'influence de la chaleur, le phosphate tricalcique α perd son eau de combinaison et s'associe chimiquement au carbonate qu'il avait adsorbé; les raies du radiogramme deviennent plus fines, parce que les molécules d'apatite qui prennent naissance à 900° C sont groupées en particules cristallines plus volumineuses que le phosphate tricalcique α.

C'est en soumettant les sels osseux aux mêmes traitements que leur nature exacte a pu être établie[1].

Avant la calcination, les sels osseux bruts donnent un radiogramme correspondant à la structure moléculaire de l'apatite, mais dont les raies sont diffuses:

[1] M. J. Dallemagne et J. Melon, Bull. Soc. Chim. biol. *27*, 85 (1945).

[2] M. A. Bredig, Z. physiol. Chem. *216*, 239 (1933).

[3] M. J. Dallemagne, Acta biol. Belg. *2*, 301 (1942).

[1] Voir note 5, p. 469.

leur constituant principal est le phosphate tricalcique α. Après calcination, la disposition des raies du radiogramme ne change pas, mais les raies deviennent plus fines; le phosphate tricalcique α et le carbonate se sont combinés en une molécule d'apatite. Si les sels osseux sont, préalablement à la calcination, débarrassés par voie chimique du carbonate qu'ils renferment, leur radiogramme change exactement comme le fait celui du phosphate tricalcique α pur; il passe de la forme α à la forme β.

Devant ces faits, une seule conclusion devenait possible: le sel principal de l'os est du phosphate tricalcique α agrégé en très petites particules cristallines, ayant adsorbé du carbonate calcique ou magnésien. L'os donne un radiogramme d'apatite, parce que le phosphate tricalcique α est isomorphe à l'apatite. Sous l'nfluence de la calcination, le carbonate se combine au phosphate et il forme à partir des sels osseux une apatite vraie; le radiogramme de cette dernière accuse des raies plus fines qu'avant la calcination, parce que le passage du phosphate tricalcique α à l'apatite s'accompagne d'une augmentation du volume des particules cristallines.

Il s'agit ici d'un cas typique où, à cause du phénomène d'isomorphisme, un sel complexe, l'apatite, donne le même radiogramme qu'un des composants de sa molécule, parce que celui-ci se trouve sous une forme particulière, hydratée. Le problème n'a pu être éclairci par la diffraction des rayons X exclusivement. Il a été nécessaire d'associer cette dernière méthode à des procédés chimiques de recherche et à la mesure des indices de réfraction pour arriver à une conclusion définitive.

Nous ne cherchons nullement à discréditer une méthode d'investigation aussi objective que la détermination des structures moléculaires par la diffraction des rayons X. Notre seul but est d'éveiller l'attention à la possibilité d'interprétations erronées de rœntgenogrammes dont les raies ne peuvent que refléter la forme de la maille cristalline telle qu'elle se présente dans la réalité.

Summary

The application of physical methods to the resolution of problems concerning biology might sometimes lead to misinterpretations. We consider, for instance, the successive stages of the study of the principal bone salt components by the X-ray diffraction method.

Der Aufbau des galaktischen Systems

Von E. v. d. Pahlen, Basel

Das Problem, das die Astronomen seit den ersten Anfängen ihrer Wissenschaft bis tief in die Neuzeit hinein beinahe ausschließlich beschäftigt hatte und sozusagen das Kernstück der ganzen antiken und mittelalterlichen Lehre vom Himmel bildete, war das der *Planetenbewegung*. Der ungeheure Aufwand an Scharfsinn, der zur Zerlegung und Wiederzusammensetzung der äußerst verwickelten, jedoch eine tiefe und eindrucksvolle Gesetzmäßigkeit verratenden Bewegungen dieser Himmelskörper in ein System von Kreisbewegungen um fiktive Punkte, die sich wiederum auf Kreisen um die Erde bewegen sollten, verschwendet wurde, stellt ein typisches Beispiel für die unproduktiven Irrwege dar, auf die sich die wissenschaftliche Forschung verirrt, wenn sie an vorgefaßten Meinungen – hier der Annahme, daß die Himmelsbewegungen durchweg gleichmäßige Rotationen sein müßten – festhalten will. Demnach bestand die erste Tat der im 16. Jahrhundert neuerstandenen Wissenschaft notwendig in einem Akt der Zerstörung: die kunstvoll ineinandergeschachtelten ptolemäischen Kristallsphären stürzen in sich zusammen, die Erde nimmt in dem nunmehr um die Sonne als Mittelpunkt kreisenden System ihre Stelle als einfacher Planet unter den anderen Planeten ein, wodurch schon die auffälligsten von den Planeten am Himmel beschriebenen Schleifen (die sog. großen Anomalien) als durch die Bewegung des mit der Erde verbundenen Beobachters hervorgerufene Täuschungen sich auf zwangslose Weise ausglätten lassen. Die Ersetzung der Kreisbahnen durch elliptische, die wir Kepler verdanken, gestattet eine noch viel genauere Darstellung der tatsächlich beobachteten Bewegungen, als sie durch Einschaltung noch so vieler Sphären oder Epizyklen jemals erreicht worden wäre. Und die epochemachenden Entdeckungen Newtons, die die Bewegung eines Planeten nach denselben Grundsätzen zu berechnen lehrten wie etwa das Schwingen eines Pendels oder das Auf- und Abströmen des Seewassers, bringen endlich das volle Verständnis des mechanischen Aufbaus unseres Planetensystems. Von nun an ist die weitere Entwicklung auf diesem Gebiete nur noch, allerdings sehr mühsame, Kleinarbeit; das Problem des Aufbaus (wenn auch nicht der Entstehung) des Planetensystems ist prinzipiell gelöst. Dieser Abschluß ist etwa um die Mitte des 18. Jahrhunderts erreicht worden, doch war inzwischen schon ein neues Problem an die Stelle des eben gelösten getreten.

Der Hintergrund, auf dem sich die Bewegungen der Planeten abspielen, und durch den sie für uns überhaupt erst wahrnehmbar und meßbar werden, ist die *sphaera stellarum fixarum* der Alten, d.h. die mit Sternen übersäte Himmelskugel, die an keiner dieser Be-

wegungen auch nur den geringsten Anteil nimmt, denn ihre scheinbare tägliche Umdrehung um ihre Achse war ja bereits im Altertum vollständig richtig als Wirkung der täglichen Umdrehung der Erde um ihre eigene Achse erklärt worden. Somit stand die *sphaera fixarum* überhaupt ganz unbeweglich da, und da man weder die Entfernung bis zu ihr messen noch gegenseitige Verlagerungen der an ihr haftenden Sterne feststellen konnte, begnügte man sich lange Jahrhunderte hindurch damit, sie bloß zu beschreiben, d.h. die gegenseitigen Lagen und die Helligkeiten der mit unbewaffnetem Auge sichtbaren Sterne zu notieren. Mit der Erkenntnis, daß die Sonne den Hauptkörper und den Mittelpunkt unseres Systems bildet, und der naheliegenden Vermutung, daß sie uns, von einer sehr großen Entfernung aus gesehen, wahrscheinlich wie ein Stern erscheinen würde, gewann nun aber diese bis dahin so vernachlässigte *sphaera fixarum* plötzlich ein ganz neues, gewaltiges Interesse. Die Erkenntnis, daß die Sonne nichts als ein Stern unter Sternen ist, hat nämlich eine unvergleichlich größere Tragweite als die Einsicht, daß es sich bei unserer Erde nur um einen der um sie kreisenden Planeten handelt, weil dadurch unser ganzes Planetensystem in ein «Übersystem», nämlich «das System der Sterne» oder die «Sternwelt», als einfaches winziges Element dieses neuen, augenscheinlich sehr viel ausgedehnteren Gebildes eingeordnet wird. Aber nun wurden, namentlich nach der Erfindung des Fernrohrs, allmählich noch einige weitere Eigenschaften dieses Übersystems bekannt, aus denen hervorging, daß es eine vom Planetensystem gänzlich verschiedene Beschaffenheit haben mußte:

1. Während das Planetensystem eine ausgesprochene Monarchie ist, in der die Bewegung eines jeden Planeten beinahe ausschließlich durch die in der Sonne zusammengeballte riesige gravitierende Masse diktiert wird, scheint unter den Sternen eine überragende Autorität zunächst nicht vorhanden zu sein, sondern, wie in einer Republik, weitgehende Gleichberechtigung aller Mitglieder zu herrschen.

2. Die Anzahl der Systemmitglieder ist in beiden Fällen eine völlig verschiedene: Den sieben Planeten der mittelalterlichen Astronomen standen bereits über 6000 mit dem bloßen Auge sichtbare Sterne gegenüber, und heute ist, trotz der inzwischen erfolgten Entdekkung von etwa 2000 kleinen Planeten, dieser Unterschied zugunsten des Sternsystems noch viel krasserer geworden: die Anzahl der uns heute bekannten Sterne ist nicht eintausendmal, sondern etwa eine Million Male größer als die Zahl der uns bekannten Planeten.

3. Eine Ähnlichkeit beider Systeme besteht wohl darin, daß die sie bildenden Körper bemerkenswerterweise eine *Ebene* im Weltraum zu bevorzugen scheinen, mit anderen Worten, in einer verhältnismäßig dünnen Schicht im Raume angeordnet sind. Jedoch haben die Vorzugsebene des Planetensystems und die Vorzugsebene des Sternsystems schlechterdings nichts miteinander zu tun: im ersteren Falle fällt diese Ebene etwa mit der Ekliptik (der Ebene der Erdbahn um die Sonne) zusammen, im zweiten Falle ist es die durch das helle Band der *Milchstraße* am Himmel markierte Ebene, die mit der Ekliptik einen Winkel von über 60° bildet. Schon die ersten Beobachtungen, die Galilei zu Anfang des 17. Jahrhunderts mit Hilfe eines selbstgebauten Fernrohrs anstellte, ließen ihn erkennen, daß dieses Band aus Tausenden und aber Tausenden von schwachen, mit dem bloßen Auge nicht mehr getrennt wahrnehmbaren Sternen besteht, die sich längs eines größten Kreises der Himmelssphäre, den man den «galaktischen Äquator» nennt, in auffälligster Weise häufen. Jedoch reichten die damals den Astronomen zur Verfügung stehenden Hilfsmittel noch in keiner Weise aus, um die Erforschung dieses Gebildes in Angriff nehmen zu können.

Die klare Erkenntnis, daß es sich hier wirklich um ein ganz neues astronomisches Problem handelte, und die ersten produktiven Ansätze zur Vorbereitung seiner Lösung verdankt die Wissenschaft William Herschel, der zu Ende des 18. Jahrhunderts als erster mit Hilfe des von ihm erbauten größten Spiegelteleskops seiner Zeit den bewußten Versuch unternahm, die *Gestalt* des unsere Sonne umgebenden Sternsystems auf Grund von Beobachtungstatsachen zu ermitteln. Hierzu bediente er sich einer Reihe von ihm im Gesichtsfelde seines Fernrohrs an verschiedenen über den Himmel verteilten Stellen ausgeführter Sternabzählungen. Die Anzahlen der in diesen Herschelschen «Eichfeldern» gezählten Sterne (von den hellsten bis herunter zu den mit dem benutzten Fernrohr gerade noch sichtbaren) erwies sich in verschiedenen Himmelsgegenden als ganz verschieden, zeigte aber eine äußerst auffällige stetige Zunahme bei Annäherung an die Milchstraße, also, wenn wir letztere zum Äquator eines sphärischen Koordinatensystems wählen, das wir das «galaktische» nennen, mit abnehmender (positiver oder negativer) *galaktischer Breite*. Hieraus mußte der Schluß gezogen werden, daß die Sternanhäufungen längs dem der Milchstraße entsprechenden größten Kreise (dem galaktischen Äquator) kein rein lokales Phänomen sein konnten, sondern eine die ganze räumliche Anordnung der Sterne beherrschende Struktureigenschaft des Systems darstellen mußten. Dagegen schien die Verteilung in *galaktischer Länge*, also parallel zu der Milchstraße, außer der großen Zweiteilung, die sich vom Sternbilde des Schwans bis zu dem des Zentauren erstreckt, keinerlei bemerkenswerte Schwankungen zu zeigen. Um aus diesen Tatsachen Schlüsse über den Aufbau des Systems ziehen zu können, mußte Herschel zu gewissen Hypothesen greifen, die ihm das mangelnde Wissen um die wahren Entfernungen und Helligkeiten der einzelnen Sterne ersetzen sollten. Die Herschelschen Hypothesen sind die allereinfachsten,

die sich machen lassen, und, wie wir heute wissen, von dem wahren Sachverhalt noch sehr weit entfernt: er nahm an, daß die räumliche Dichte der Sterne, also die Anzahl der in einem Einheitsvolumelement (das natürlich entsprechend groß gewählt werden mußte) enthaltenen Sterne überall, wo Sterne überhaupt noch vorkommen, immer dieselbe ist, und zweitens, daß alle Sterne dieselbe *Leuchtkraft*, oder *absolute Helligkeit*, besitzen, d.h. dieselbe Lichtmenge in der Zeiteinheit in den Raum strahlen, und uns daher alle gleich hell erscheinen würden, falls sie sich in der gleichen Entfernung von uns befänden. Letztere Hypothese, deren Unrichtigkeit zu Herschels Zeiten wegen des Fehlens genauer photometrischer Messungen von scheinbaren Sternhelligkeiten nicht nachgeprüft werden konnte, spielte jedoch bei seinen Überlegungen nur eine untergeordnete Rolle, da sich seine Abzählungen auf alle Sterne ohne Unterschied der Helligkeit bezogen. Die erste Annahme aber gestattete, unter der Voraussetzung, daß das Herschelsche Fernrohr ihm wirklich ein Vordringen bis an die äußersten Grenzen des Sternsystems ermöglichen würde, wenigstens die relativen Entfernungen bis zu dieser Grenze in den verschiedenen Richtungen vom Beobachtungspunkte (der Sonne) aus zu bestimmen, indem letztere proportional zu der kubischen Wurzel aus der in dem jeweils untersuchten kegelförmigen Raumvolumen enthaltenen Sternanzahl gesetzt wurde. So erhielt Herschel auf Grund seiner Sterneichungen das nachfolgende sehr bemerkenswerte Bild (Abb. 1), das durch seine Kühnheit auch heute noch unsere staunende Bewunderung erregt, wenn wir es auch nur als eine ganz grobe erste Annäherung an die Wirklichkeit betrachten können. Die Hauptmerkmale des Herschelschen Sternsystems können in folgenden drei Punkten zusammengefaßt werden:

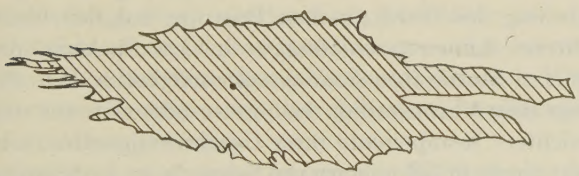


Abb. 1. Das Sternsystem von W. Herschel.

1. Das Sternsystem ist ein ganz flaches Gebilde, das die Milchstraßenebene zur Symmetrieebene hat (Abhängigkeit der Sternanzahlen von der galaktischen Breite).

2. Das Sternsystem besitzt, bis auf unwesentliche Abweichungen, Kreissymmetrie um eine zur Milchstraßenebene senkrechte Achse, in deren unmittelbarer Nähe die Sonne in der Ebene der Milchstraße liegt (Abwesenheit einer Abhängigkeit der Sternanzahlen von der galaktischen Länge).

3. Die räumliche Sterndichte (Anzahl der in der Volumeinheit des Raumes enthaltenen Sterne) ist im ganzen System praktisch dieselbe (Hypothese).

Als einziger Schönheitsfehler, der die wundervolle Symmetrie der ganzen Anordnung stört, bleibt nur die rechts in der Abbildung sichtbare Einbuchtung, welche der großen Spaltung der Milchstraße entspricht.

Das erste der von Herschel erreichten bedeutsamen Resultate ist zweifellos richtig und bildet auch heute noch die Grundlage aller unserer Vorstellungen über den Aufbau des Sternsystems. Dagegen sind die Punkte 2 und 3 von der neueren Forschung keineswegs bestätigt worden, wie weiter unten noch gezeigt werden soll. Immerhin ist die Leistung Herschels auf diesem Gebiete als bahnbrechend zu bezeichnen, denn er hat nicht nur praktisch alle bei der Erforschung des Sternsystems anzuwendenden Grundbegriffe, wie den der räumlichen Sterndichte oder den der absoluten Leuchtkraft eines Sterns, eingeführt, sondern auch die statistischen Forschungsmethoden, die in der Behandlung von Sternabzählungen in über den Himmel zerstreuten ausgewählten Bereichen bestehen, entwickelt und darüber hinaus auch die Haupteigentümlichkeit des Systems, seine ganz flache, durch eine Symmetrieebene charakterisierte Gestalt richtig erkannt. Ja er ging in seinem Forschungseifer noch einen Schritt weiter, indem er auch den ersten Versuch machte, die inneren Bewegungen im Sternsystem zu erforschen, wobei er sich zu diesem Zwecke der zu seiner Zeit ganz wenigen bekannten *Eigenbewegungen* der Sterne bediente, d.h. der für jeden Stern, nach Abzug aller seine Lage am Himmel allmählich verändernder, durch die Bewegung des Bezugssystems bedingter Einflüsse noch verbleibenden kleinen Restbeträge, die den Bewegungszustand des betreffenden Sterns in bezug auf die Sonne charakterisieren. Wenn die Zeit hierzu auch noch lange nicht reif war, führte diese Untersuchung Herschels doch zu einer epochemachenden Entdeckung: es erwies sich, daß die Gesamtheit der Sterne die Tendenz verrät, in einer ganz bestimmten Richtung an der Sonne vorbeizuströmen, was natürlich am einfachsten durch eine Bewegung der Sonne selbst in der entgegengesetzten Richtung, und zwar in der Richtung nach einem Punkte im Sternbilde des Herkules (Rektaszension 270°, Deklination +30°) erklärt werden kann. Diese «apexiale Bewegung» der Sonne stellt selbstverständlich eine Tatsache von größter praktischer Wichtigkeit dar, weil sie von jeder gemessenen Eigenbewegung eines Sterns abgezogen werden muß, wenn seine wahre Bewegung in bezug auf den *Schwerpunkt* des gesamten Sternsystems, oder bescheidener ausgedrückt, in bezug auf die die Umgebung der Sonne bildende Sterngruppe ermittelt werden soll. Die Bewegung der Sonne aber, als die Bewegung eines einzelnen zufällig herausgegriffenen Sterns des Systems, vermag uns nichts über den (statistisch zu definierenden) Bewegungszustand dieses Systems zu lehren, außer der

bloßen Tatsache, daß sich die anderen Sterne ebenso wie die Sonne in bezug auf ihren gemeinsamen Schwerpunkt wohl auch nicht in Ruhe befinden. Wie dem auch sei, finden wir in den Arbeiten Herschels bereits die beiden großen Anwendungsgebiete der von ihm entwickelten statistischen Forschungsmethode vorgezeichnet, nämlich ihre Anwendung auf die Ermittlung der räumlichen Verteilung der Sterne und auf die Untersuchung ihres statistischen Bewegungszustandes. Die ganze zukünftige Entwicklung der Stellarstatistik ist in diesen Arbeiten bereits im Keime enthalten.

Das nächste Kapitel in der Erforschung des Aufbaus des Sternsystems hat allerdings recht lange auf sich warten lassen: die Ergebnisse Herschels schwebten sozusagen in der Luft, solange weder der absolute Maßstab seines Systems noch die absoluten Werte der den Eigenbewegungen der Sterne entsprechenden Geschwindigkeiten bekannt waren. In ersterer Beziehung stellte die Bestimmung der ersten *Sternentfernungen* durch Bessel, W. Struve u.a. (mit dem Jahre 1838 anfangend) das bahnbrechende Ereignis dar. Wenn sich diese Resultate – die sog. trigonometrischen Sternparallaxen, die aus einer direkten Messung der kleinen durch die Drehung der Erde um die Sonne bedingten jährlichen scheinbaren Lagenänderungen der näheren Sterne in bezug auf sehr viel weitere Sterne erhalten werden – sich zunächst auf eine ganz geringe Zahl von verhältnismäßig sehr nahen Sternen beschränkten, war wenigstens der durchschnittliche Wert der die einzelnen Sterne unseres Sternsystems trennenden Zwischenräume bekanntgeworden, wodurch der Maßstab des Systems festgelegt war. Diese Abstände erwiesen sich, wie ja auch zu erwarten war, als so groß, daß zu ihrer Angabe eine neue Längeneinheit eingeführt werden mußte, nämlich das «Lichtjahr», d.h. die Strecke, welche das Licht mit einer Geschwindigkeit von 300 000 km/sec in einem Jahre ($3{,}157 \cdot 10^7$ sec) zurückzulegen vermag. (In der modernen Astronomie ist eine andere, aus rein astronomischen Erwägungen eingeführte Längeneinheit gebräuchlich, das sog. parsec [= 3,26 Lichtjahre], das der Entfernung entspricht, in der die Parallaxe eines Sterns genau den Wert einer Bogensekunde hat. Wir wollen uns aber im weiteren überwiegend des viel anschaulicheren Lichtjahres bedienen.) Der Abstand bis zum nächsten helleren Stern von der Sonne aus erwies sich von der Größenordnung von etwa vier Lichtjahren, steht also zu der in der Himmelsmechanik gebräuchlichen astronomischen Einheit, die bekanntlich gleich der halben großen Achse der Erdbahnellipse ist, im Verhältnis von vier Jahren zu acht Minuten.

Die direkt gemessenen trigonometrischen Sternparallaxen beziehen sich auf Sterne, die höchstens um einige Hundert Lichtjahre von der Sonne entfernt sind, können uns also über die Struktur des sicher viel ausgedehnteren Sternsystems nur sehr wenig lehren. Eine gewisse Kenntnis der *mittleren* relativen Entfernungen ganzer Sterngruppen konnte aber schon aus dem Studium ihrer Eigenbewegungen, die in immer wachsender Zahl bekannt wurden, mit Hilfe von «Apexbestimmungen» nach den von Bravais, Airy, Kapteyn u.a. verfeinerten Methoden gewonnen werden. Wenn z.B. für zwei verschiedene Sterngruppen, etwa die Sterne zweier verschiedener scheinbaren Helligkeitsklassen (die beide über den ganzen Himmel zerstreut sind), die Bestimmung der Sonnenbewegung vorgenommen wird, und in beiden Fällen dieselbe Richtung (derselbe Apex), aber verschiedene, in Bogensekunden pro Jahr ausgedrückte Beträge für die Geschwindigkeit, z.B. 0″.1 pro Jahr und 0″.05 pro Jahr erhalten werden, dann müssen wir daraus den Schluß ziehen, daß die durchschnittliche Entfernung der Sterne der zweiten Gruppe zweimal größer ist als die durchschnittliche Entfernung der Sterne der ersten Gruppe, da es sich doch in beiden Fällen augenscheinlich um dieselbe Sonnengeschwindigkeit handelt, die aber aus zwei verschiedenen Entfernungen gesehen wird, nämlich den mittleren Entfernungen der beiden betrachteten Sterngruppen. Solche mittlere oder statistische Parallaxen haben bei der Erforschung der Sternwelt eine beträchtliche Rolle gespielt und gute Dienste geleistet.

Natürlich war eine Normierung der auf diese Weise gewonnenen Entfernungen, d.h. ihre Verwandlung in absolutes Längenmaß (z.B. Lichtjahre) so lange unmöglich, als über den absoluten Wert der Sonnengeschwindigkeit in bezug auf die Sterne keine bestimmten Angaben gemacht werden konnten. Eine radikale Änderung der Lage trat erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts ein, als es zum erstenmal gelang, unter Anwendung des Dopplerschen Prinzips, aus den beobachteten Linienverschiebungen in den Spektren der helleren Sterne ihre *Radialgeschwindigkeiten*, d.h. die längs dem Visionsradius auf uns zu oder von uns weg gerichtete Komponente ihrer Geschwindigkeiten, und zwar direkt in Kilometern pro Sekunde, zu bestimmen. Aber erst zu Anfang unseres Jahrhunderts war die Anzahl der Sterne, deren Radialgeschwindigkeiten gemessen werden konnten, ausreichend geworden, um sie zu einer «Apexbestimmung» nach einer der bei den Eigenbewegungen benutzten ganz analogen Methode zu verwenden. Da diese Radialgeschwindigkeiten wie gesagt unabhängig von der Entfernung der Sterne direkt in km/sec erhalten werden, ergibt sich aus ihnen auch die Geschwindigkeit der Sonne in bezug auf die Gruppe der benutzten Sterne in km/sec. Der für letztere erhaltene Wert war rund 20 km/sec, wobei die *Richtung* dieser Geschwindigkeit innerhalb der Genauigkeitsgrenzen des Beobachtungsmaterials auffallend gut mit der aus der Untersuchung der Eigenbewegungen bereits bekannten Richtung übereinstimmte. Nun konnten aber bei den Sternen, deren Entfernungen bekannt waren, auch ihre Eigenbewegungen unschwer aus Bogenmaß (Bogensekunden pro Jahr) in lineares Maß verwandelt werden, so daß wir heute für eine gewisse

Anzahl von Sternen alle drei Komponenten ihrer Geschwindigkeit in Kilometern pro Sekunde kennen und daher auch ihre *Raumgeschwindigkeiten* nach absoluter Größe und Richtung angeben können.

So war man bereits vor etwa einem Vierteljahrhundert in den Besitz genäherter Werte für die zum Aufbau einer Sterndynamik notwendigen Daten gelangt: die *mittlere Entfernung* zweier Sterne in der Umgebung der Sonne beträgt etwa vier Lichtjahre, die *mittlere Geschwindigkeit* eines Sterns in bezug auf den Schwerpunkt dieser Gruppe ist etwa gleich 10–20 km/sec, wozu noch die aus dem Studium von Doppelsternsystemen stammende Erkenntnis hinzukommt, daß die *Masse* eines durchschnittlichen Sterns von derselben Größenordnung wie die Masse der Sonne (etwa gleich 1–4 Sonnenmassen) sein dürfte.

Aber schon seit dem letzten Jahrzehnt des verflossenen Jahrhunderts hatte in der Erforschung der Struktur unseres Sternsystems eine frische Strömung eingesetzt, deren Hauptvertreter H. v. Seeliger (München) und J. C. Kapteyn (Groningen, Holland) und später K. Schwarzschild (Göttingen) und C. V. L. Charlier (Lund) waren und die sich eine Fortführung und Verfeinerung der seit Herschels Zeiten zu einem beinahe völligen Stillstand gekommenen Forschung auf diesem Gebiete zum Ziele setzte. Wie bei Herschel, bestand das Material, das zu diesen Untersuchungen herangezogen wurde, aus zwei Gruppen von empirischen Daten: Gruppe I: Sternabzählungen in verschiedenen Himmelsgegenden zur Ermittlung der räumlichen Sternverteilung und Gruppe II: Sterngeschwindigkeiten (Eigenbewegungen, Radialgeschwindigkeiten, Raumgeschwindigkeiten), aus denen ein Einblick in den dynamischen Zustand des Systems gewonnen werden sollte. Natürlich war dieses Material in den seit Herschel verflossenen hundert Jahren unvergleichlich reichhaltiger geworden.

Gruppe I. Auf dem Gebiete der Bestimmung der räumlichen Sternverteilung bestand der Fortschritt hauptsächlich darin, daß nunmehr nicht nur die gesamten Sternanzahlen, die im Gesichtsfelde des Fernrohrs oder auf der in immer größerem Ausmaße verwendeten photographischen Platte erscheinen, sondern die Anzahlen der Sterne *jeder einzelnen scheinbaren Helligkeitsklasse* bestimmt werden konnten, was nur dank den Erfolgen der inzwischen entstandenen exakten Sternphotometrie möglich geworden war. Da die Unhaltbarkeit der Herschelschen Annahme von der gleichen Leuchtkraft aller Sterne nunmehr klar zutage trat, bestand also die zu lösende Aufgabe von nun ab in der Bestimmung nicht einer, sondern zweier Funktionen, nämlich erstens der räumlichen Sterndichte $D(r, \alpha, \delta)$ für jedes durch seine sphärischen Koordinaten (α, δ) am Himmel und durch seine Entfernung r von der Sonne bestimmtes Volumelement, und zweitens einer Funktion, welche die prozentualen Häufigkeiten der Sterne verschiedener absoluter Leuchtkraft innerhalb eines jeden solchen Volumelements des Raumes angibt. Zur Vereinfachung dieses Problems wurde namentlich in den Anfängen diese Häufigkeitsfunktion der absoluten Helligkeiten, oder, wie man sich kurz auszudrücken pflegt, die *Helligkeitsfunktion*, die an sich ja für jedes Raumelement eine verschiedene sein könnte, als im ganzen Raume konstant angenommen, d.h. in der Form $\psi(M)$ angesetzt, wo M zum Unterschiede von m nicht die scheinbare, sondern die absolute Helligkeit eines Sterns bedeutet, d.h. die scheinbare Helligkeit, die er in der Einheitsentfernung besitzen würde. (Dies ist natürlich eine rein physikalische Eigenschaft eines Sterns und hängt von seiner Entfernung nicht mehr ab.) Daß es sich bei unserem Problem wirklich um die Bestimmung zweier Funktionen handeln muß, ist aus einer Betrachtung des den Berechnungen zugrunde zu legenden Beobachtungsmaterials sofort ersichtlich: dieses besteht aus den für bestimmte ausgewählte Himmelsgebiete (die unter Umständen auch ganze galaktische Zonen oder sogar die ganze Himmelskugel umfassen können) durch Abzählung erhaltenen Anzahlen $N(m)$ der Sterne, deren scheinbare Helligkeiten in gewissen aufeinanderfolgenden Intervallen dieser Helligkeit, z.B. zwischen den Werten $m - \frac{1}{2}$ und $m + \frac{1}{2}$, eingeschlossen sind, nach dem folgenden Schema:

m	m_1	m_2	m_3	m_4	.....
N	N_1	N_2	N_3	N_4	.....

Nun kann aber ein Stern einer bestimmten scheinbaren Helligkeit m natürlich sowohl ein aus großer Entfernung gesehener sehr heller als auch ein in kleinerer Entfernung stehender Stern geringerer Leuchtkraft sein, so daß sich die Anzahl N_m aus Sternen aller Leuchtkräfte zusammensetzt, die in den ihnen zukommenden Entfernungen anzubringen sind und mit den ihnen zukommenden Häufigkeiten zur Bildung der Zahl N_m beitragen: sie hängt somit sowohl von der räumlichen Dichte $D(r)$ als von der Helligkeitsfunktion $\psi(M)$ ab. Unsere Aufgabe ist daher, solange wir nur die eine empirisch gegebene Funktion $N(m)$ verwenden, eine unterbestimmte, und wir bedürfen zur Bestimmung der zwei gesuchten Funktionen noch einer zweiten Reihe experimenteller Tatsachen, die uns eine zweite Gleichung in $D(r)$ und $\psi(M)$ liefern muß. Als eine zweite solche experimentelle Reihe können verschiedene der Beobachtung entnommene Daten benutzt werden, z.B. die schon obenerwähnten mittleren Parallaxen $\bar{\pi}_1$, $\bar{\pi}_2$ $\bar{\pi}_3$, ... der Sterne der scheinbaren Helligkeiten $m_1, m_2, m_3, \ldots$ oder die für dieselben Sterngruppen bestimmten mittleren jährlichen Eigenbewegungen $\bar{\mu}_1$, $\bar{\mu}_2$, $\bar{\mu}_3$, ... Die Lösung dieser an sich schon ziemlich verwickelten Aufgabe, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, wird nun aber in der Praxis durch zwei hinzukommende Umstände noch ganz erheblich erschwert:

1. Die Annahme, daß die Helligkeitsfunktion $\psi(M)$ im ganzen Raume, also in allen von der Sonne aus ge-

zogenen Richtungen und in allen Entfernungen von derselben, annähernd denselben Charakter zeigt, entspricht keineswegs der Wirklichkeit, und zwar aus folgendem Grunde: Wie die sich seit dem 19. Jahrhundert stürmisch entwickelnde neue Wissenschaft der Astrophysik gezeigt hat, zerfallen die Sterne in eine gewisse Anzahl von Typen, die durch ihre sich stark voneinander unterscheidenden *Spektren* gekennzeichnet sind. Da der Charakter des Spektrums eng mit der auf der Oberfläche des Sterns herrschenden Temperatur zusammenhängt und durch letztere zu einem gewissen Grade auch die absolute Leuchtkraft des Sterns bestimmt wird, ändert sich diese systematisch mit der Sternklasse. Die Helligkeitsfunktion hängt daher von dem an der gerade betrachteten Stelle herrschenden Gemisch von Sternen verschiedener Spektralklassen ab, das, wie heute bekannt ist, keineswegs überall im Raume dasselbe ist.

2. Noch viel bedenklicher ist die namentlich bei den ersten Untersuchungen meistens gemachte Voraussetzung der *vollständigen Durchsichtigkeit des Weltraumes*. Diese Voraussetzung hat nämlich eine ganz bestimmte Beziehung zwischen der scheinbaren Helligkeit, der Leuchtkraft (absoluten Helligkeit) und der Entfernung eines Sterns zur Folge, die weiter nichts ist als ein Ausdruck für das invers-quadratische Gesetz der Abnahme der scheinbaren Helligkeit einer Lichtquelle mit wachsender Entfernung von ihr. Da die astronomischen «Helligkeiten» in «Größenklassen» in einer logarithmischen Skala ausgedrückt werden, lautet dieses Gesetz[1]:

$$m = M + 5 \lg r . \qquad (1)$$

Wenn nun auf dem Wege des Lichtes eines Sterns zur Sonne gewisse Licht absorbierende Wolken liegen, oder im ganzen betrachteten Raume ein Licht absorbierendes Medium ausgebreitet ist, dann kann die Relation (1) natürlich nicht mehr richtig sein, denn der Stern der absoluten Helligkeit M wird uns durch diese Trübung geschwächt erscheinen, also nicht die durch (1) gegebene scheinbare Helligkeit m, sondern eine etwas geringere, und daher durch eine etwas größere «Größenklasse» $m' > m$ ausdrückbare Helligkeit erhalten. Die Relation (1) muß daher durch eine andere Relation:

$$m = M + 5 \lg r + A(r) \qquad (2)$$

ersetzt werden, wo $A(r)$ eine neue, zunächst ganz unbekannte, aber sicher von der Entfernung r und vermutlich auch von der Richtung (α, δ) im Raume abhängige *Absorptionsfunktion* bezeichnet. Unsere Aufgabe besteht also in Wirklichkeit in der Bestimmung von *drei* unabhängigen Funktionen, nämlich der *räumlichen Sterndichte* $D(r)$, der jeweils zu gebrauchenden *Helligkeitsfunktion* $\psi(M)$ und der den Lichtverlust im «interstellaren» Raume angebenden *Absorptionsfunktion* $A(r)$, welch letztere natürlich auch von den Farben, also von den Spektren der Sterne abhängen kann, da die Raumabsorption sehr wohl auch stark selektiven Charakter haben könnte.

Um die im ersten der obenerwähnten Umstände liegende Schwierigkeit zu umgehen, kann man sich des naheliegenden Verfahrens bedienen, die Untersuchungen für die Sterne verschiedener Spektralklassen getrennt durchzuführen, was heute denn auch nach Möglichkeit geschieht und in Zukunft allgemein üblich werden sollte. Der große Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, daß man sich hierdurch von den lokalen Schwankungen des Mischungsverhältnisses der Spektralklassen vollständig freimacht. Die Helligkeitsfunktion wird dadurch einfach zu der Streuungsfunktion der Leuchtkräfte der Sterne einer bestimmten physikalisch charakterisierten Oberflächenbeschaffenheit um einen diese Klasse kennzeichnenden Mittelwert und kann nun mit viel größerer Zuverlässigkeit als im Raume unveränderlich angenommen und durch ein einfaches Fehlergesetz mit genau angebbarem Mittelwerte und verhältnismäßig kleiner Streuung ausgedrückt werden. Die Schwierigkeit, welche aber der allgemeinen Anwendung dieses Verfahrens heute noch entgegensteht, ist unsere zunächst noch sehr unzulängliche Kenntnis der Spektren der schwachen und schwächsten Sterne: letztere hört schon bei der 14. Größenklasse auf, während genaue Helligkeitsbestimmungen ohne Trennung nach Spektralklassen schon bis zu Sternen schwächer als 20. Größe ausgeführt werden können, und es gerade die allerschwächsten Sterne sind, deren räumliche Verteilung erst einige der charakteristischsten Züge der Struktur unseres Sternsystems zu enthüllen verspricht.

Die unter Punkt 2 erwähnte Schwierigkeit ist unvergleichlich schwerer zu überwinden als die an erster Stelle genannte, und man kann wohl sagen, daß die Wissenschaft bis heute die Methoden, die eventuell einmal zu ihrer Beseitigung führen könnten, noch nicht entwickelt hat. Daß die mitten in den sternreichsten Gegenden der Milchstraße plötzlich auftretenden engbegrenzten «Lücken», wie z. B. der berühmte in der südlichen Halbkugel gelegene «Kohlensack», ihren Ursprung der absorbierenden Wirkung vorgelagerter kosmischer Staub- und Gasmassen verdanken und nicht wirkliche, das ganze Milchstraßensystem durchsetzende röhrenförmige Sternleeren darstellen, wird wohl niemand im Ernst bestreiten wollen. Ja sogar die große Zweiteilung der Milchstraße, die sich vom Sternbilde des Schwans bis etwa zum Centaur erstreckt, scheint zum allergrößten Teil ebenfalls durch eine absorbierende Wolke verursacht zu sein, was durch die große Ähnlichkeit der beiden Zweige in bezug auf die spektrale Zusammensetzung und die Verteilung der schein-

[1] In der Praxis wird statt des auf diese Weise definierten M meistens ein $M' = M + 5$ benutzt durch eine Verschiebung des Nullpunktes um 5 Größenklassen. Die Vorzeichen erklären sich aus dem Umstande, daß die Größenklassen m und M bei *abnehmender* Helligkeit immer *größere* Werte erhalten: ein Stern zweiter Größe ist 2,5mal *weniger* hell als ein Stern erster Größe usw.

baren Helligkeiten ihrer Sterne wahrscheinlich gemacht wird. Aber auch in vielen Sternfeldern, in denen keine auffälligen «Lücken» zu sehen sind, ist die beobachtete scheinbare Helligkeit der Sterne in einer meistens nicht genauer angebbaren Weise durch Absorption verfälscht, wodurch der objektive Wert der bisher ermittelten räumlichen Sternverteilungen, auch bei Einführung mehr oder weniger plausibler Annahmen über den Einfluß der Raumabsorption, beträchtlich herabgesetzt wird. Wir werden auf diesen sehr wichtigen Punkt später noch zurückkommen müssen.

Alle diese Schwierigkeiten sind den Astronomen nur ganz allmählich bewußt geworden, und es ist daher begreiflich, daß die ersten Forscher auf diesem Gebiete, wie H. v. Seeliger, J. C. Kapteyn und ihre Schüler, zu objektiv brauchbaren Ergebnissen kommen zu können glaubten, indem sie bei der Ermittlung der räumlichen Verteilung der Sterne in möglichst vielen von der Sonne ausgehenden Richtungen sich einer ein für allemal abgeleiteten Helligkeitsfunktion für alle Sterne ohne Unterschied der Spektralklassen bedienten und den Einfluß der Raumabsorption in erster Näherung gänzlich vernachlässigten. Auch glaubten sie alle Unterschiede in der Sternverteilung um die angenommene Symmetrieachse des Systems zunächst unbeachtet lassen zu können, indem sie die aus der Beobachtung stammenden Sternzahlen über alle galaktischen Längen mittelten. Trotzdem werden wir die von ihnen erreichten Ergebnisse kurz streifen müssen, da sie als Ausgangspunkt für die modernen Vorstellungen vom Aufbau des Sternsystems gedient haben. Zuvor muß aber über gewisse Ergebnisse berichtet werden, die derselbe große Forscher Kapteyn und, in Fortsetzung seiner Arbeiten, A. S. Eddington und K. Schwarzschild aus einem eingehenden Studium des zu ihrer Zeit bereits verfügbaren ziemlich umfangreichen Materials an *Eigenbewegungen* und *Radialgeschwindigkeiten* von Sternen abzuleiten in der Lage waren.

Gruppe II. Wie schon oben erwähnt, war es den Astronomen lange Zeit nicht möglich gewesen, aus diesen Daten mehr als die Richtung der Sonnengeschwindigkeit in bezug auf die Sterne und einen genäherten Wert des absoluten Betrages dieser Geschwindigkeit in km/sec abzuleiten. Das hierbei angewandte statistische Verfahren gründete sich auf die Annahme, daß die nach Abzug dieser den wahrnehmbaren Bewegungen aller Sterne gemeinsamen «parallaktischen» Komponente verbleibenden «pekuliaren» Geschwindigkeiten der individuellen Sterne *regellos*, d.h. nach den Gesetzen des Zufalls, verteilt sind, eine Annahme, die, solange das Beobachtungsmaterial noch spärlich war, natürlich nicht nachgeprüft werden konnte. Mit der um die Jahrhundertwende erfolgten sehr beträchtlichen Bereicherung dieses Materials sowohl in bezug auf Eigenbewegungen als auch an Radialgeschwindigkeiten war aber eine solche Nachprüfung durchaus möglich geworden und führte zuerst Kapteyn zu dem epochemachenden Ergebnis, daß die «Restgeschwindigkeiten» der Sterne keineswegs regellos verteilt sind, sondern eine höchst bemerkenswerte *systematische* Eigenschaft verraten: die Sterne zeigen nämlich in allen Raumgebieten die ausgesprochene Tendenz, sich überwiegend parallel zu einer gewissen Geraden – und zwar in beiden Richtungen mit etwa derselben Häufigkeit – zu bewegen. Mit anderen Worten bestehen unter den Sternen zwei sich gegeneinander bewegende *Sternströme*, so daß jeder Stern außer der von der Bewegung der Sonne herrührenden Geschwindigkeitskomponente noch eine zweite systematische Geschwindigkeitskomponente aufweist, die durch seine Zugehörigkeit zu dem einen oder anderen Sternstrom bedingt ist, und erst für die nach Abzug dieser beiden Komponenten verbleibenden Restgeschwindigkeiten, darf eine regellose Verteilung nach Richtung und Größe angenommen werden. Durch diese Erkenntnis wurde zum erstenmal der Boden der wirklichen systematischen Bewegungen innerhalb des Sternsystems betreten, und es lag nahe, zu ihrer Beschreibung den aus der kinetischen Gastheorie entlehnten Begriff des «Geschwindigkeitskörpers» zu übernehmen, d.h. des räumlichen Gebildes, welches erhalten wird, wenn wir in einem «Geschwindigkeitsraume» die Geschwindigkeit eines jeden Sterns durch einen Punkt darstellen, dessen rechtwinklige Koordinaten durch die drei längs den Achsen genommenen Komponenten dieser Geschwindigkeit gegeben werden. Im Falle einer regellosen Geschwindigkeitsverteilung (nach Größe und Richtung) wie wir sie z.B. bei einem ruhenden Gase vor uns haben, wird dieser Geschwindigkeitskörper durch das wohlbekannte Maxwellsche Verteilungsgesetz dargestellt, welches die Häufigkeit des Vorkommens einer Geschwindigkeit mit im Intervall u bis $u+du$, v bis $v+dv$, w bis $w+dw$ eingeschlossenen Komponenten angibt, und zwar in der Form:

$$\frac{h^3}{\sqrt{\pi^3}}\, e^{-h^2\,[u^2+v^2+w^2]}\, du\, dv\, dw\,. \qquad (3)$$

Hier ist h das sog. Präzisionsmaß der Verteilung, das in einfacher Weise mit der *mittleren* Geschwindigkeit der Sterne (oder Molekeln) zusammenhängt und ein Maß für die *Streuung* der individuellen Werte um letztere darstellt. Die genaue mathematische Behandlung der Kapteynschen Vorstellung von den zwei sich im Raume begegnenden Sternströmen verdanken wir A. S. Eddington, der den sich aus den Beobachtungen ergebenden Geschwindigkeitskörper der Sterne unseres Systems, oder wenigstens unserer Umgebung, durch die Überlagerung zweier gegeneinander verschobener Maxwellscher Geschwindigkeitskörper gleichen Präzisionsmaßes, aber mit etwas verschiedenen Gesamtanzahlen von Sternen darzustellen versuchte. Die Häufigkeit der Geschwindigkeiten mit den Komponenten u,v,w (wie wir kurz sagen können), wird dann durch ein Gesetz der Form:

$$\left\{ N_1 \frac{h^3}{\sqrt{\pi^3}} e^{-h^2[(u-U)^2+v^2+w^2]} + \right.$$
$$\left. + N_2 \frac{h^3}{\sqrt{\pi^3}} e^{-h^2[(u+U)^2+v^2+w^2]} \right\} du\, dv\, dw \qquad (4)$$

gegeben, wo N_1 und N_2 die dem ersten bzw. dem zweiten Sternstrom in der Volumeinheit des Raumes zukommende Sternanzahl bedeutet. (Die Richtung der Strömung ist hier zur U-Achse im Geschwindigkeitsraume genommen und die gegenseitige Geschwindigkeit beider Sternströme gleich $2\,U$ gesetzt.) Nun erscheint dieser zusammengesetzte Geschwindigkeitskörper noch durch die Bewegung unserer Sonne, auf die alle Geschwindigkeitsbestimmungen der Sterne ja zunächst bezogen werden, gegen den «Nullpunkt des Geschwindigkeitsraumes» verschoben, und es erweist sich als möglich, auf Grund von Abzählungen der beobachteten Eigenbewegungen der Sterne in verschiedenen Himmelsgegenden alle in das Gesetz (4) eingehenden Konstanten, also h, N_1, N_2, die gegenseitige Geschwindigkeit der beiden Sternströme und ihre Richtung sowie schließlich auch die durch die Sonnenbewegung verursachte Verschiebung des ganzen Geschwindigkeitskörpers numerisch zu bestimmen. Natürlich müssen die zunächst in Bogenmaß erhaltenen Geschwindigkeiten nachträglich unter Zuhilfenahme der aus Radialgeschwindigkeiten bekannten Sonnengeschwindigkeit normiert werden. Es ist nun höchst beachtenswert, daß die die Mittelpunkte der beiden Maxwellschen Verteilungen verbindende Gerade, d. h. die Richtung, längs der die Sternströmung erfolgt, in allen Gebieten des Raumes dieselbe ist und *in der Ebene der Milchstraße* liegt. Die Sternströmung ist somit ein Phänomen, das sich in derselben Grundebene der Milchstraße abspielt, die auch die Symmetrieverhältnisse der räumlichen Sternverteilung beherrscht. (Die Sonnenbewegung bildet dagegen mit dieser Ebene einen Winkel von etwa 20°.) Die allgemeine Strömungsrichtung der Sterne, die man zum Unterschiede von der Apexrichtung der Sonnenbewegung die *Vertexrichtung* genannt hat, spielt in der Dynamik des Sternsystems offenbar eine fundamentale Rolle. Ihre Lage wird durch zwei diametral gegenüberliegende Punkte der Himmelssphäre gekennzeichnet, die als Vertices bezeichnet werden und deren galaktische Koordinaten durch $\beta = 0^0$, $\lambda = 347^0$ und 167^0 gegeben sind[1].

Das Bestehen einer Vorzugsrichtung für die Sterngeschwindigkeiten, die sich Kapteyn durch zwei sich begegnende Sternströme zu erklären suchte, ist indessen noch einer anderen Deutung fähig, die auf K. Schwarzschild zurückgeht und auch heute bei stellardynamischen Betrachtungen eine hervorragende Rolle spielt. Der tatsächlich beobachtete langgestreckte Geschwindigkeitskörper kann nämlich mit praktisch gleicher Genauigkeit auch durch ein einziges Verteilungsgesetz angenähert werden, wenn man eine gewisse Verallgemeinerung des Maxwellschen Ansatzes (3) ins Auge faßt. Nach dem Vorschlage Schwarzschilds soll das Verteilungsgesetz der Sterngeschwindigkeiten nicht durch ein sphärisch symmetrisches Gesetz wie (3), sondern durch ein Gesetz der Form

$$\frac{h\,k\,g}{\sqrt{\pi^3}} e^{-(h^2u^2+k^2v^2+g^2w^2)}\, du\, dv\, dw \qquad (5)$$

dargestellt werden, in dem die *Flächen gleicher Häufigkeit der Geschwindigkeitspunkte* nicht mehr Kugeln, sondern *Ellipsoide* sind. Wählen wir, wie bereits früher die Vertexrichtung (Stromrichtung der Sterne) zur U-Achse, so sind die einem konstanten Werte des Exponenten in Formel (5) entsprechenden Flächen langgestreckte Ellipsoide, die in erster Annäherung als Rotationsellipsoide um die U-Achse betrachtet werden dürfen ($k = g > h$). Eine Bearbeitung des vorliegenden Beobachtungsmaterials an Eigenbewegungen von Sternen nach dieser «Ellipsoidenhypothese» von Schwarzschild ergab ein zu dem von Eddington auf Grund der Kapteynschen «Zweistromhypothese» erhaltenen ganz analoges Resultat: die große Achse des Ellipsoids fiel in die Milchstraßenebene und stimmte sehr genau mit der Vertexrichtung überein, und die Darstellung der Anfangsdaten war in beiden Fällen gleich befriedigend. Das Achsenverhältnis für das Geschwindigkeitsellipsoid ergab sich genähert zu 0,6. (Verhältnis einer der beiden gleichen kleinen Halbachsen zu der mit der Vertexrichtung zusammenfallenden Achse, das hier die gegenseitige Geschwindigkeit der beiden Sternströme, die Eddington zu etwa 30 km/sec gefunden hatte, vertritt.) Die Schwarzschildsche Ellipsoidentheorie ist später durch C. V. L. Charlier und seine Mitarbeiter in Lund durch Einführung dreiachsiger Geschwindigkeitsellipsoide anstelle von Rotationsellipsoiden und Anwendung auf die Sterne der einzelnen Spektralklassen unter Verwendung auch ihrer Radialgeschwindigkeiten vervollkommnet worden.

Dies war die Lage unseres Problems zu Anfang des 20. Jahrhunderts, als die mühsame von Kapteyn international organisierte Materialsammlungstätigkeit allmählich ihrer Vollendung entgegenging und somit zu einer definitiven Bearbeitung drängte. Eine solche ist auch von Kapteyn selbst in einer im Jahre 1922 im Astrophysical Journal erschienenen berühmten Abhandlung gegeben worden, nach der sich der Aufbau des Sternsystems in den folgenden, am besten an Hand der aus der Originalabhandlung entnommenen Figur (Abb. 2), zu erläuternden Zügen darstellt.

Die Gesamtform des Sternsystems erweist sich als die einer ganz flachen, in der Ebene der Milchstraße liegenden Scheibe. Die Flächen gleicher räumlicher Sterndichte haben die Gestalt von sehr stark abgeplatteten konzentrischen Rotationsellipsoiden um eine im

[1] Die galaktischen Längen λ werden vom Punkte des galaktischen Äquators gezählt, in dem letzterer den Himmelsäquator beim Übergange aus der südlichen in die nördliche Halbkugel schneidet, und zwar im selben Sinne – entgegen dem Uhrzeigersinne – wie die Rektaszensionen und die Längen.

Mittelpunkte des Systems senkrecht zur Milchstraßenebene stehende Achse, wobei das Achsenverhältnis aller dieser Ellipsoide annähernd gleich 1:5 ist. Die räumlichen Sterndichten innerhalb der einzelnen ellipsoidischen Schalen, wie sie sich, bei Vernachlässigung der Lichtabsorption im Raume, durch Anwendung der durch Kapteyn und Schwarzschild entwickelten Rechenverfahren aus den Abzählungsergebnissen berechnen lassen, sind am Rande der Figur angegeben.

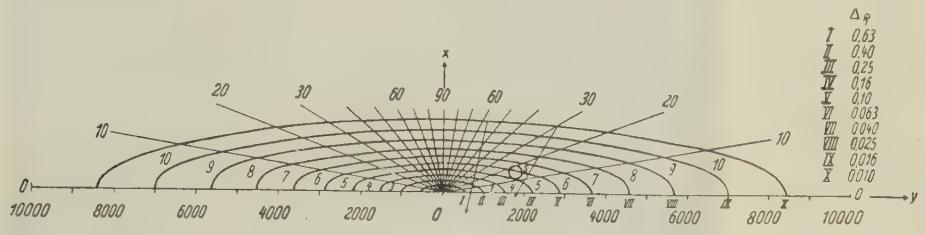


Abb. 2. Das Sternsystem von J. C. Kapteyn[1].

Sie ist für die mittleren Teile des Systems, in deren Nähe die Sonne gelegen sein soll, etwa gleich 0,035 Sternen pro Kubikparsec (0,001 Sterne pro Kubiklichtjahr), was einer räumlichen Dichte der gravitierenden Materie von etwa $6 \cdot 10^{-22}$ g pro cm³ entspricht. Diese räumliche Dichte nimmt mit zunehmender Entfernung vom Mittelpunkte des Systems ständig ab und erreicht bereits in der 10. Schale, also in einer Entfernung von rund 7–8000 parsec (25000 Lichtjahre) in der Milchstraßenebene nur noch $^1/_{100}$ ihres größten Wertes. Diese Entfernung können wir daher praktisch als die äußere Grenze des natürlich nicht scharf begrenzten Gebildes betrachten.

Um nun auch die Haupteigentümlichkeit in der Verteilung der Sterngeschwindigkeiten, nämlich das Bestehen einer bevorzugten Doppelrichtung für die Bewegung der Sterne zu erklären, machte Kapteyn die weitere Annahme, daß sich sein Sternsystem als Ganzes nicht in einem statischen, sondern in einem dynamischen Gleichgewichtszustand befindet, indem es um seine Symmetrieachse eine *Rotationsbewegung* ausführt. Ein solcher Bewegungszustand wird ja auch durch die stark abgeplattete Form des Gebildes nahegelegt. An jeder Stelle, die nicht gerade auf der Rotationsachse liegt, muß aber dann tatsächlich eine systematische Sternbewegung, nämlich der Rotationsstrom der Sterne auftreten, und Kapteyn brauchte nur noch die Annahme zu machen, daß diese Rotation in *beiden* Richtungen um die Achse erfolgt, was dynamisch selbstverständlich zulässig ist, um eine ungezwungene Erklärung der beiden von ihm entdeckten sich begegnenden Sternströme zu erhalten. Allerdings muß die Lage des Beobachtungspunktes, also der Sonne, etwas exzentrisch gewählt werden, damit sie überhaupt in ein Strömungsgebiet kommt, was gegen die Annahme, daß sie sich praktisch im Mittelpunkte des Systems befindet, verstößt; doch konnte Kapteyn an Hand seines Modells zeigen, daß schon eine unbedeutende Verrückung der Sonne aus der Rotationsachse in der Ebene der Milchstraße, etwa um 650 parsec (rund 2000 Lichtjahre), die das Ergebnis der Sternabzählungen noch nicht wesentlich verändern würde, ausreichend wäre, um sie in ein Gebiet zu versetzen, wo die gegenseitige Geschwindigkeit der beiden Rotationsströme bereits den empirisch belegten Betrag von etwas über 30 km/sec erreichen würde. Das von Kapteyn entworfene Bild des Sternsystems stellt einen sehr interessanten Versuch dar, die Haupteigenschaften dieses Systems sogar bis in die Einzelheiten seines Aufbaus hinein zu deuten. Er ist aber vorläufig der letzte Versuch dieser Art geblieben, weil uns die fortschreitende Untersuchung der Verhältnisse leider zu der Überzeugung gebracht hat, daß uns die räumliche Verteilung der gravitierenden Massen im Sternsystem, die Kapteyn ermittelt zu haben glaubte, in Wirklichkeit noch *ganz unbekannt* ist, wozu noch hinzukommt, daß die von uns soweit studierte Geschwindigkeitsverteilung der Sterne nur für die in verhältnismäßig kleiner Entfernung von der Sonne gelegenen Sterne gilt, während die ferner liegenden astronomischen Objekte einen ganz anderen Bewegungszustand verraten. Dem Kapteynschen Sternsystem war daher nur eine sehr kurze Lebensdauer beschieden, und man kann sogar sagen, daß schon bei seiner Aufstellung die Forschung über die Ergebnisse, die ihm zugrunde lagen, hinausgegangen und zu äußerst wichtigen neuen Erkenntnissen gelangt war, die uns zu völlig veränderten Vorstellungen vom Aufbau des Milchstraßensystems führten.

Die den Kapteynschen Berechnungen zugrunde liegenden Annahmen von der vollständigen Durchsichtigkeit des interstellaren Raumes und von der genähert zentralen Lage der Sonne in bezug auf das Sternsystem haben sich nämlich beide als völlig unzutreffend erwiesen. Daß es an verschiedenen Stellen des Himmels dunkle, das Licht absorbierende Wolken gibt, die aus kosmischem Staube oder Gas bestehen, und daß durch ihre Absorption das wahre Bild der Sternverteilung stellenweise vollständig verfälscht wird, war, wie bereits oben erwähnt, schon längst bekannt. Zwei typische Wolken dieser Art sehen wir auf den photographischen Aufnahmen von reichen Sternfeldern auf Seite 480, die E. Barnard schon vor vielen Jahren aufgenommen hat (Abb. 3). Die dunklen, beinahe sternleeren Gebiete können augenscheinlich keine zufälligen Lücken in der Sternverteilung darstellen, sondern werden durch die Absorptionswirkung eines vorgelagerten dunklen kosmischen Nebels hervorgerufen, der nur dadurch für uns sichtbar geworden ist, weil er sich auf

[1] E. v. d. Pahlen, Lehrbuch der Stellarstatistik, S. 800, Abb. 120.

das sehr reiche im Hintergrunde liegende Sternfeld projiziert. Nun hat es sich aber allmählich herausgestellt, daß solche absorbierende Nebel in Wirklichkeit viel häufiger vorkommen als man anfangs vermutet hatte, ja daß der ganze uns umgebende Raum, wenigstens in der unmittelbaren Nähe der Milchstraßenebene, von lichtabsorbierenden Wolken durchsetzt ist, was man zum Beispiel an der rötlichen Verfärbung der Sterne in vielen Himmelsgegenden und an verschiedenen anderen Anzeichen erkennen kann. Unglücklicherweise bilden diese «dunklen Nebel» keineswegs eine gleichmäßige Schicht, deren Absorptionswirkung etwa durch die Einführung eines im Raume konstanten Absorptionskoeffizienten ersetzt werden könnte, sondern stellen, genau so wie die Sterne in der Milchstraße, ein lose zusammenhängendes System von unregelmäßigen, wolkenartigen Gebilden dar. Es ist daher bei der Untersuchung eines in der Nähe der Milchstraße gelegenen Sternfeldes niemals möglich, von vornherein die in ihm wirklich auftretenden Sterndichten und Sternleeren von den durch kosmische Lichtabsorption hervorgerufenen Sternlücken zu trennen, und es ist begreiflich, daß unter diesen Umständen die auf Grund von Sternabzählungen abgeleiteten Ergebnisse über die wahre räumliche Sternverteilung in vielen Fällen rein illusorisch werden müssen. Dies ist auch der Hauptgrund dafür, daß wir heute, trotz des riesigen Arbeitsaufwandes und der ungeheuren aufgewandten Rechenarbeit, immer noch nichts Bestimmtes über die Verteilung der Sterne in der weiteren Umgebung der Sonne wissen und nicht einmal sagen können, ob der von allen frühen Forschern, unter ihnen auch von Kapteyn, gefundene allseitige stetige Abfall der räumlichen Sterndichte mit wachsender Entfernung von der Sonne eine reale Erscheinung ist oder nur durch die Wirkung von absorbierenden Wolken vorgetäuscht wird. Bei Berücksichtigung letzterer, so gut dies heute schon geht, sind verschiedene moderne Forscher zu dem Ergebnis gelangt, daß ein Abfall der räumlichen Sterndichte in gewissen Richtungen bis zu der Entfernung der schwächsten von unseren Abzählungen erfaßten Sterne ganz bestimmt nicht festzustellen ist, und andererseits dürften viele mächtige Sternwolken, aus denen die eigentliche Milchstraße zu bestehen scheint, sicher weit außerhalb der durch Kapteyn für das Sternsystem gesteckten Grenzen liegen, so daß letzteres demnach eher als eine lokale Sternansammlung – das von manchen Astronomen angenommene, jedoch noch nicht sicher verbürgte «Lokale Sternsystem» – zu betrachten wäre.

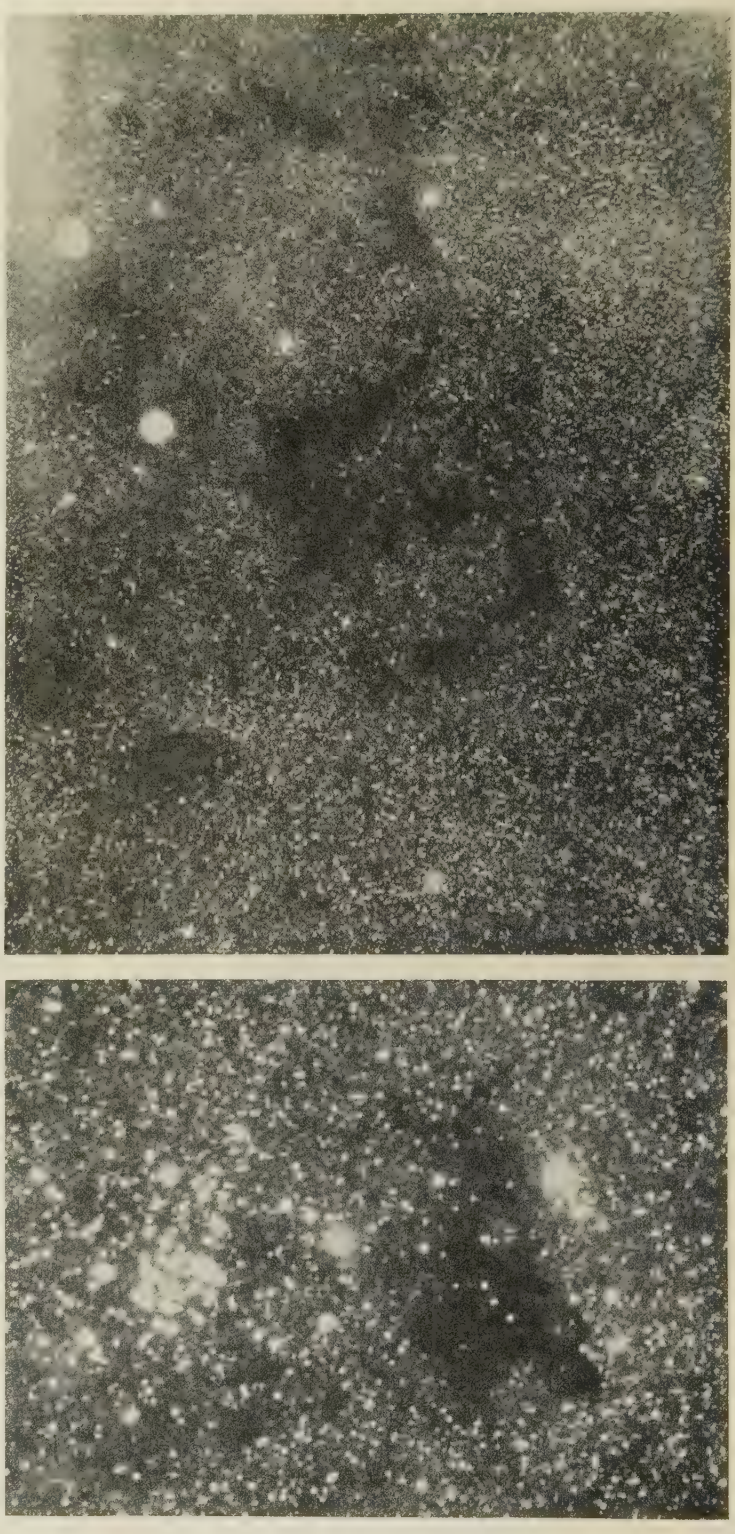


Abb. 3. Zwei «dunkle» Nebel[1].

Unter diesen Umständen drohte die ganze Untersuchung des Aufbaus des Sternsystems in eine Sackgasse zu geraten, und ein wesentlicher Fortschritt

[1] E. Barnard in: Handbuch der Astrophysik, Bd. V, 2, S. 787, Abb. 4, und S. 788, Abb. 5.

Abb. 4[1]. Ein typischer Kugelhaufen (Herkuleshaufen).

wäre auch in der Tat auf lange Zeit unmöglich geworden, wenn nicht von seiten der Astrophysik eine ebenso unerwartete als willkommene Hilfe in Gestalt einer ganz neuen Methode zur Bestimmung der Entfernungen außerordentlich ferner Objekte gekommen wäre. Diese Methode stellt aus dem Grunde ein ganz besonders wertvolles Hilfsmittel dar, weil gerade die von ihr erfaßten Objekte, nämlich die sog. *kugelförmigen Sternhaufen* (Abb. 4) eine Verteilung am Himmel zeigen, die der Annahme der Kreissymmetrie um die Sonne am krassesten widerspricht, und die Ermittlung ihrer wahren räumlichen Verteilung daher für die Erkenntnis der wirklichen Gestalt des Systems besonders aufschlußreich zu sein verspricht.

Die von H. Shapley am Mount-Wilson-Observatorium entwickelte Methode der Entfernungsbestimmung von kugelförmigen Sternhaufen ist die berühmte «Cepheidenmethode» und beruht auf der Erkenntnis, daß ein Stern ja ein physikalisches Gebilde ist, das allerdings in verschiedenen Gestalten auftreten kann – Sterne verschiedener Spektralklasse und Leuchtkraft, veränderliche Sterne usw. –, daß aber alle diese Typen an allen Stellen des Raumes vermutlich dieselben Eigenschaften besitzen müssen, die wir an den Sternen unserer Umgebung, die uns am zugänglichsten sind und deren Entfernungen uns mehr oder weniger bekannt sind, ausführlich studieren können, um die gewonnenen Kenntnisse dann auch auf die entferntesten Vertreter dieser Typen zu übertragen. In diesem Falle handelte es sich um *veränderliche Sterne* einer bestimmten Klasse, zu denen auch der Stern *δ Cephei* gehört, und die aus diesem Grunde «Cepheiden» genannt werden. Das Licht dieser Sterne erleidet mit außerordentlicher Regelmäßigkeit sich wiederholende Intensitätsschwankungen, die nur auf physikalischem Wege, etwa durch eine streng periodische Pulsation des ganzen Sternkörpers (also nicht etwa durch Verfinsterung durch einen dunklen Begleiter) erklärt werden können. Solche Veränderliche, vor allem ihre die kürzeste Lichtschwankungsperiode aufweisende Unterklasse, deren Lichtwechsel in etwas weniger als einem Tage erfolgt, kommen ziemlich oft unter den Sternen der Kugelhaufen vor, weshalb diese Klasse die Bezeichnung «Haufenveränderliche» (cluster variables) erhalten hat. Nun befinden sich einzelne Vertreter dieses Typus in unserem Sternsystem, im Raume weit zerstreut, also in sehr verschiedenen Entfernungen von uns, die dazu noch meistens weit außerhalb der Reichweite unserer trigonometrischen Messungsmethoden liegen, so daß wir über ihre wahre Leuchtkraft oder absolute Helligkeit zunächst nichts aussagen können. Ein glücklicher Zufall wollte es aber, daß zu Anfang dieses Jahrhunderts eine Reihe solcher Sterne in zwei von uns sicher sehr weit entfernten Gebilden, den in der südlichen Halbkugel gelegenen sog. «Magellanschen Wolken», entdeckt wurde. Da alle diese Sterne augenscheinlich in nahezu gleichen Entfernungen von uns stehen, erscheint ihr Licht auch in gleichem Maße geschwächt, und die zwischen ihnen feststellbaren Unterschiede ihrer scheinbaren Helligkeiten entsprechen daher wirklichen Unterschieden ihrer Leuchtkräfte. Nun zeigte sich aber, daß zwischen letzteren und den Längen der entsprechenden Lichtwechsel*perioden* eine sehr enge Korrelation besteht in dem Sinne, daß die mittlere absolute Helligkeit eines Sterns des Cepheidentypus (das arithmetische Mittel aus seiner maximalen und seiner minimalen Helligkeit) um so größer ist, je langsamer seine Lichtschwankung erfolgt. Diese Beziehung gibt uns ein neues, mächtiges Mittel in die Hand, um die Entfernungen (zunächst die *relativen*) der Kugelhaufen, in denen gleichfalls Veränderliche des Cepheidentypus festgestellt werden konnten, zu bestimmen. Wenn nämlich ihr Licht auf seinem Wege zu uns

[1] E. Strömgren und B. Strömgren, Lehrbuch der Astronomie. J. Springer, Verlag, Berlin 1933.

keine merkliche Absorption erleidet (und die meisten Kugelhaufen liegen in beträchtlichen galaktischen Breiten, befinden sich also vermutlich schon außerhalb der vorwiegend in der Milchstraßenebene liegenden Schicht von absorbierenden Gas- und Staubwolken), dann stehen die Entfernungen zweier Kugelhaufen, in denen die Helligkeiten von Cepheiden *gleicher Periode* sich wie 1:4 verhalten, augenscheinlich im Verhältnis 1:2 zueinander. Durch diese wunderbare Methode, die die Entfernungsmessung auf die Messung von Zeiten und Helligkeiten zurückführt, können also die gegenseitigen räumlichen Lagen aller Kugelhaufen, in denen Veränderliche bekannt sind, ermittelt werden. Um nun diese relativen Entfernungen in absolute (etwa in Lichtjahren ausgedrückte) Entfernungen zu verwandeln, muß der Nullpunkt der Kurve durch Angabe der wirklichen absoluten Helligkeiten einiger Cepheiden bekannter Perioden fixiert werden, und dies stellt gerade den heikelsten Punkt der «Cepheidenmethode» dar. Shapley hat zu diesem Zwecke die im Sternsystem zerstreut liegenden einzelnen Cepheiden herangezogen, deren Entfernungen er auf Grund ihrer bekannten Eigenbewegungen (in denen sich ja auch die Sonnenbewegung von 20 km/sec statistisch widerspiegelt) abschätzte, und ist auf diese Weise zu einer Normierung seiner Periodenhelligkeitskurve gelangt, jedoch ist ein kleiner Fehler im Nullpunkte, der alle Entfernungen um 6 bis 10% verändern könnte, noch nicht als ausgeschlossen zu betrachten.

Da nun bei weitem nicht alle Kugelhaufen veränderliche Sterne enthalten, ist diese Methode auf die meisten Haufen nicht anwendbar, doch lassen sich mit ihrer Hilfe, unter Benutzung der ihr zugänglichen Haufen, weitere Kriterien aufstellen, wie z. B. die mittlere absolute Helligkeit der zehn oder zwanzig allerhellsten (nichtveränderlichen) Sterne eines Haufens, der mittlere lineare Durchmesser eines Haufens oder auch die mittlere integrierte absolute Leuchtkraft aller Sterne eines Haufens, die wenigstens die genäherten Entfernungen auch der von Veränderlichen entblößten Kugelhaufen abzuschätzen gestatten. Auf diese Weise ist es Shapley gelungen, das vollständige Bild der räumlichen Verteilung der 96 uns bekannten Kugelhaufen unseres Systems zu ermitteln und dabei einen tiefen Einblick in die physikalische Natur dieser seltenen, höchst merkwürdigen Gebilde zu gewinnen. Da sich alle Entfernungen von Kugelhaufen als auffallend groß ergaben – schon die allernächsten liegen in Entfernungen von über 3000 Lichtjahren (1000 parsec) – ist es klar, daß ein typischer Kugelhaufen eine sehr ausgedehnte und mächtige Sternansammlung darstellen muß. Ihre Durchmesser betragen über hundert Lichtjahre, die Anzahlen ihrer Sterne, die in ihren Mitten etwa 500mal dichter stehen als die Sterne in der Umgebung der Sonne, gehen in die Hunderttausende, und da wir wegen ihrer großen Entfernungen nur die Sterne sehen, die mehrere hundertmal lichtstärker, und daher auch beträchtlich massiver als unsere Sonne sind (während die sicher vorhandenen schwächeren Sterne von Sonnendimensionen uns noch gänzlich verborgen bleiben), kann die Masse eines typischen Kugelhaufens getrost auf über eine Million Sonnenmassen veranschlagt werden. Wir sehen aus alledem, daß es sich bei den Kugelhaufen um sehr bedeutungsvolle Bestandteile unseres Sternsystems handeln muß, und daß ihre räumliche Verteilung daher wohl geeignet erscheinen kann, uns eine Vorstellung von der Ausdehnung und dem Aufbau dieses Sternsystems zu vermitteln.

Nun stellt sich aber heraus, daß diese Verteilung mit der von Kapteyn aus den Sternabzählungen in unserer Umgebung erhaltenen nur sehr wenig Ähnlichkeit hat. Zwar bleibt auch für sie die durch die Sternwolken definierte Grundebene der Milchstraße als Symmetrieebene bestehen, was unzweideutig auf ihre enge Verbundenheit mit unserem Sternsystem hinweist, doch liegen die Kugelhaufen mit nur ganz vereinzelten Ausnahmen alle auf einer Seite des Himmels, etwa symmetrisch um einen Punkt verteilt, der in der Milchstraße in der Richtung des Sternbildes des Schützen in galaktischer Breite 0^0 und galaktischer Länge 326^0 liegt und dessen Entfernung von uns auf 30000–50000 Lichtjahre (10000–16000 parsec) geschätzt wird. Daß dieser Himmelsrichtung eine sehr große Bedeutung im Aufbau unseres Sternsystems zukommt, ist für die Astronomen eigentlich keine so große Überraschung gewesen: daß in dieser Richtung «etwas ganz Außergewöhnliches los sein müsse» hatten sie nämlich schon lange vermutet. Denn dieser Punkt der Sphäre ist keineswegs nur der Symmetriepunkt für die scheinbare Verteilung der Kugelhaufen, sondern auch noch Häufungspunkt für eine Reihe anderer Objekte, die sich alle durch ihre große Masse, also auch ihre entsprechende Bedeutung für die Mechanik des Sternsystems auszeichnen, als da sind: die planetarischen Gasnebel, in denen man heute explodierte Sterne vermutet, die außerordentlich hellen und heißen sog. Wolf-Rayet-Sterne, in deren Spektren die Linien der Serien des ionisierten Heliums erscheinen und die vermutlich Oberflächentemperaturen von über 30000^0 C besitzen (Oberflächentemperatur der Sonne etwa 6000^0 C), sehr große Gas- und Staubwolken und schließlich die allergrößten sog. Sternwolken oder riesigen losen Sternansammlungen, aus denen der größte Teil der Milchstraße zu bestehen scheint, die aber an dieser Stelle ihres Verlaufs besonders ausgedehnt und sternreich zu sein scheinen (Sagittariuswolke, Scutumwolke). Es ist daher durch die Ergebnisse Shapleys über die räumliche Verteilung der Kugelhaufen außerordentlich wahrscheinlich gemacht worden, daß wir in dem erwähnten fernen Punkte tatsächlich den Mittelpunkt unseres gesamten Sternsystems, den *galaktischen Mittelpunkt* vor uns haben, und diese Vermutung wird, wie wir später sehen werden, durch das wenige, was uns heute bereits über die Bewegungsverhältnisse im

Sternsystem bekannt ist, noch bestärkt. Wenn diese Vermutung aber zutrifft, dann befinden wir uns mit unserer ganzen von Kapteyn studierten Sterngruppe, die nicht einmal bis zur Hälfte des uns vom Mittelpunkte des Systems trennenden Abstandes reicht, keineswegs in einer «zentralen» Lage, sondern vielmehr beinahe am Rande unseres Sternsystems, wie dies aus der untenstehenden Figur (Abb. 5) erhellt, die einen durch den galaktischen Mittelpunkt und die Sonne gehenden, zur Milchstraßenebene senkrechten Schnitt durch dieses System darstellt.

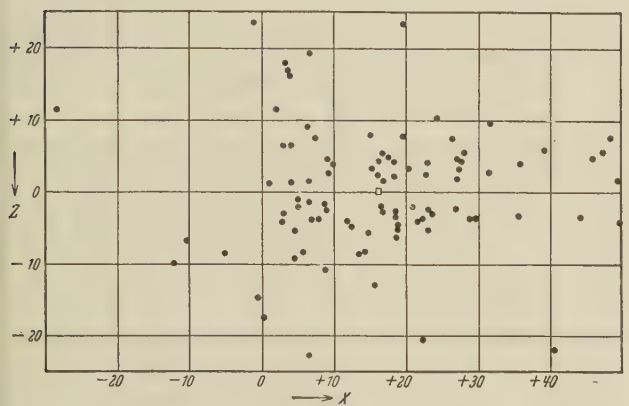


Abb. 5. Schnitt durch das galaktische System senkrecht zur Milchstraßenebene[1]. Die Punkte stellen die senkrechten Projektionen der einzelnen Kugelhaufen auf die Bildebene dar.

Hier befindet sich die Sonne im Anfang des Koordinatensystems (links in mittlerer Höhe), also am Rande des von den durch Punkte bezeichneten Kugelhaufen gebildeten, schwach abgeplatteten losen Haufens, dessen Mittelpunkt durch das kleine, offene Viereck markiert ist. Diese radikal neue Konzeption hat, wie bereits erwähnt, seitens gewisser uns in jüngerer Zeit bekanntgewordener Tatsachen über den Bewegungszustand der uns umgebenden Sterne eine unerwartete Bestätigung erfahren. Wenn schon Kapteyn zeigen konnte, daß die Restgeschwindigkeiten dieser Sterne in bezug auf ihren gemeinsamen Schwerpunkt nicht, wie anfangs angenommen worden war, regellos verteilt sind, sondern durch einen in einer bestimmten Richtung langgezogenen Geschwindigkeitskörper dargestellt werden können, so hatte man bis dahin doch immer stillschweigend angenommen, daß dieser Geschwindigkeitskörper im ganzen untersuchten Raume überall derselbe ist und auch dieselbe Lage in bezug auf seinen Nullpunkt hat. Ein eingehenderes Studium des inzwischen stark angewachsenen Beobachtungsmaterials zeigte nun aber, daß gerade diese letzte Annahme nicht aufrechterhalten werden kann, sondern daß überall noch eine kleine systematische Restgeschwindigkeit übrigbleibt, welche darauf hinweist, daß die *mittlere* Geschwindigkeit der Sterne in verschiedenen Raumgebieten auch nach Abzug der bekannten Sonnengeschwindigkeit keineswegs gleich Null ist, wie das bei einem symmetrischen Geschwindigkeitskörper ja zu erwarten wäre. Das merkwürdigste aber ist, daß diese kleine mittlere Restgeschwindigkeit für verschiedene längs der Milchstraße liegende Himmelsgebiete einen auffallend regelmäßigen Gang mit der galaktischen Länge zeigt, indem sie z. B. für die Radialgeschwindigkeiten $\bar{v}_r$ durch eine einfache trigonometrische Funktion der Form

$$\bar{v}_r = (A\bar{r}) \sin 2\,(\lambda - \lambda_0) \qquad (6)$$

dargestellt werden kann. Hier bedeutet $\bar{v}_r$ den für einen in der Milchstraße gelegenen nicht zu ausgedehnten Sternbereich bei der galaktischen Länge λ gebildeten Mittelwert aller von der Komponente der Sonnenbewegung befreiten Radialgeschwindigkeiten der in ihm enthaltenen Sterne, während $(A\bar{r})$ und λ_0 zwei Konstanten sind. Die uns hier interessierende kleine Restgeschwindigkeit $\bar{v}_r$ zeigt also einen systematischen Gang um die Milchstraße herum, der in einer *Doppelwelle* besteht mit der Amplitude $(A\bar{r})$, die mit positivem oder negativem Vorzeichen in den vier galaktischen Längen

$$\lambda - \lambda_0 = \quad 45^0,\ 135^0,\ 225^0 \text{ und } 315^0$$

erreicht wird, während in den vier dazwischenliegenden Punkten viermal der Wert Null auftritt. Die Amplitude $(A\bar{r})$ und die Länge λ_0, bei der ein Wert $v_r = 0$ erscheint, lassen sich empirisch auf Grund des Beobachtungsmaterials bestimmen. Erstere ist von Sterngruppe zu Sterngruppe verschieden und nimmt um so größere Werte an, je größer die mittlere Entfernung der benutzten Sterne ist. Zum Beispiel ergibt eine Bearbeitung der Sterne mit der sog. c-Charakteristik, die zu den absolut hellsten Sternen des Himmels gehören und uns daher einen tieferen Einblick in den Weltraum gewähren als die meisten anderen Sterne, für die Amplitude der Doppelwelle den Wert

$$(A\bar{r}) = 25 \text{ km/sec},$$

während eine Bearbeitung nach demselben Verfahren der viel schwächer leuchtenden und daher durchschnittlich näheren Sterne des spektralen A-Typus nur einen Wert

$$(A\bar{r}) = 8 \text{ km/sec}$$

liefert. Wegen dieser Abhängigkeit der Amplitude von der Entfernung pflegt man sie in der oben angegebenen Form eines Produktes der mittleren Entfernung $\bar{r}$ mit einer für alle Sterne gleichen Konstante A zu schreiben, welche augenscheinlich den Wert der Amplitude bezeichnet, den man bei Benutzung der Radialgeschwindigkeiten von Sternen erhalten würde, die sich im Durchschnitt in der Einheitsentfernung von 1 parsec (3,26 Lichtjahre) befinden. Im Gegensatz zu der Amplitude zeigt die zweite der in Formel (6) eingehenden Konstanten eine auffallend geringe Abhängigkeit von

[1] H. Shapley in: Handbuch der Astrophysik, Bd. V, 2, S. 757, Abb. 20.

der zu ihrer Bestimmung benutzten Sterngruppe und erhält beinahe in allen Fällen einen in der Nähe von

$$\lambda_0 = 326^0$$

gelegenen Wert. Dies ist aber gerade die galaktische Länge, in der sich, wie wir oben gesehen haben, das Zentrum des galaktischen Systems befindet! Die Untersuchung der mittleren Eigenbewegungen der Sterne, die man einer ganz ähnlichen Behandlung unterwerfen kann, indem man sie in zwei Komponenten, eine parallele und eine senkrechte zur Milchstraßenebene, zerlegt und dann den Gang der Mittelwerte dieser Komponenten längs der Milchstraße studiert, führt zu ähnlichen Ergebnissen wie die aus den Radialgeschwindigkeiten erhaltenen. Während die mittlere senkrechte Komponente meistens gleich Null herauskommt, was auf eine symmetrische Verteilung der Sterngeschwindigkeiten in bezug auf die Milchstraßenebene hinweist, zeigt die zur Milchstraße parallele Komponente, wie bei den Radialgeschwindigkeiten eine Doppelwelle, die aber gegen die zuerst erhaltene um 45^0 verschoben ist und über die sich noch eine konstante (von der galaktischen Länge unabhängige) Verschiebung überlagert. Der Ausdruck für diese Komponente, μ_{par} ergibt sich daher in der Form:

$$\bar{v}_{\mu par} = (A\bar{r}) \cos 2\,(\lambda - \lambda_0) + (B\bar{r})\,. \qquad (7)$$

Eine sehr plausible Erklärung dieser auf den ersten Blick recht verwickelten Verhältnisse hat der holländische Astronom J. H. Oort[1] bereits im Jahre 1927 vorgeschlagen. Sie besteht in der Annahme, daß sich das ganze galaktische Sternsystem um eine durch den fernen Mittelpunkt gehende zur Ebene der Milchstraße senkrechte Achse dreht, jedoch nicht wie ein fester Körper, dessen Winkelgeschwindigkeit überall konstant ist, dessen lineare Rotationsgeschwindigkeit daher mit wachsendem Abstande von der Rotationsachse ständig zunimmt, sondern eher wie unser Planetensystem, in dem sowohl die Winkelgeschwindigkeit als die lineare Geschwindigkeit mit zunehmendem Abstand von der Sonne immer kleiner werden. Um einen Einblick in diese Verhältnisse, deren ausführliche Schilderung hier zu weit führen würde, zu gewinnen, genügt ein Blick auf die nebenstehende Abb. 6, in der das galaktische Zentrum bei G liegt und die in verschiedenen Entfernungen von ihm (auf konzentrischen Kreisen um G) herrschenden Rotationsgeschwindigkeiten durch eine Reihe von nach außen immer kleiner werdenden Pfeilen dargestellt sind. Betrachtet man nun den kleinen, um die gegenwärtige Lage S der Sonne gelegten Kreis und die auf ihm liegenden Sterne, die sich alle in gleicher Entfernung von letzterer befinden, und bildet die geometrische Differenz ihrer und der an der Stelle der Sonne herrschenden Rotationsgeschwindigkeit, so sieht man sofort, daß die Projektionen dieser Differenz auf den von der Sonne aus gezogenen Radius und senkrecht zu ihm differentielle Geschwindigkeiten ergeben werden, die sich längs dem kleinen Kreise gerade in der durch die Formeln (6) und (7) ausgedrückten Weise ändern werden. Es darf jedoch nicht unerwähnt bleiben, daß ein ganz ähnliches Verhalten der mittleren Radial- und Tangentialgeschwindigkeiten auch dann noch zu beobachten wäre, wenn die Bahnen um das galaktische Zentrum

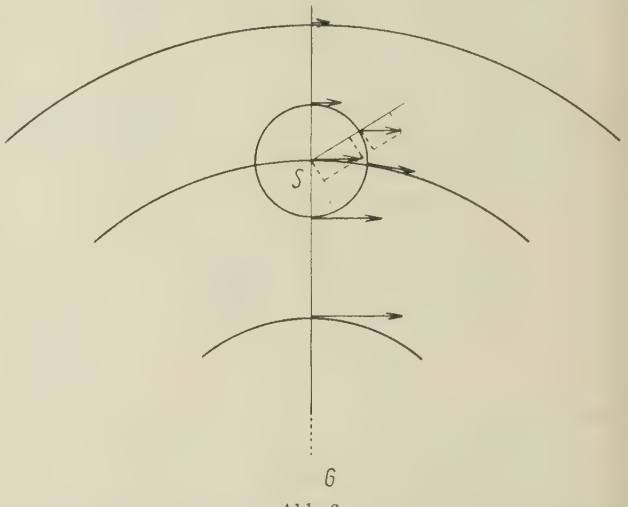


Abb. 6.
Differentieller Rotationseffekt bei den Radialgeschwindigkeiten.

nicht, wie hier angenommen, genaue Kreise, sondern etwas exzentrische Ellipsen wären. Die beiden Effekte sind durch die *Änderung* der Rotationsgeschwindigkeit mit der Entfernung vom Mittelpunkte G des Sternsystems bedingt und werden daher als *differentielle* Rotationseffekte bezeichnet, während die beiden Konstanten A und B die Oortschen Konstanten der differentiellen galaktischen Rotation genannt werden.

Wie groß ist nun aber der absolute Wert der Rotationsgeschwindigkeit an der Stelle, an der sich heute unsere Sonne befindet? Die Sterne unserer Umgebung können uns darüber natürlich keine Auskunft geben, da sie ja, falls die der Rotationstheorie zugrunde liegende Vorstellung zutrifft, an dieser Bewegung beteiligt sind. Die mit Hilfe der «gewöhnlichen» Sterne abgeleitete «Apexbewegung» der Sonne ist nur als die Bewegung eines einzelnen zufällig herausgegriffenen Sterns (der Sonne) in bezug auf die Sterne seiner *allernächsten* Umgebung zu verstehen, und kann daher höchstens als ein Beispiel für die in dieser Gruppe noch stattfindenden inneren Bewegungen bewertet werden. Daß die Gesamtgeschwindigkeit dieser Gruppe wahrscheinlich viel beträchtlicher ist, wird durch zwei in neuerer Zeit erreichte Beobachtungsergebnisse nahegelegt.

1. Benutzt man zur Bestimmung der Sonnengeschwindigkeit nicht die Sterne, sondern diejenigen Kugelhaufen, deren Radialgeschwindigkeiten auf spektroskopischem Wege ermittelt werden konnten (bei den riesigen Entfernungen der Kugelhaufen konnten in ihnen noch keine Eigenbewegungen wahrgenommen

[1] Bull. Astr. Obs. Netherlands., *3*, No. 120; *4*, No. 132, 133.

werden), so erhält man für die Bewegung der Sonne in bezug auf diese um den galaktischen Mittelpunkt gruppierten sehr fernen Gebilde eine Geschwindigkeit ganz anderer Größenordnung: nämlich von etwa 200–300 km/sec, die auch eine merklich andere Richtung hat, da sie nicht nach dem Sternbilde des Herkules, sondern nach dem des Schwans hinweist – nämlich nach einem Punkte der Milchstraße in der galaktischen Länge $\lambda = 56^0$. Diese Geschwindigkeit steht also bemerkenswerterweise praktisch senkrecht auf der die Sonne mit dem galaktischen Zentrum verbindenden Geraden, und wir können sie denn auch in erster Näherung als die Rotationsgeschwindigkeit des Sternsystems an der Stelle der Sonne betrachten, da sie, bei ihrer Größe, durch den kleinen hinzukommenden Betrag der «individuellen» Sonnengeschwindigkeit von 20 km/sec weder in bezug auf Größe noch auf Richtung wesentlich verändert wird. In diesem Ergebnis haben wir eine schöne Bestätigung der Grundannahme vor uns, daß sich unsere ganze Sterngruppe in irgendeiner Art Rotationsbewegung um das galaktische Zentrum befindet, und zwar mit einer Geschwindigkeit, die die Geschwindigkeiten der inneren Bewegungen der Sterne dieser Gruppe ganz beträchtlich (um etwa das Zehnfache) übersteigt. Allerdings kann heute noch nicht behauptet werden, daß uns der genaue Wert dieser Geschwindigkeit schon bekannt wäre. Seine Bestimmung wird durch die für solche Zwecke denkbar ungünstige Verteilung der Kugelhaufen, die, wie wir gesehen haben, beinahe alle auf einer Seite der Himmelskugel liegen, und ferner durch die noch sehr geringe Zahl der uns bekannten Radialgeschwindigkeiten dieser Haufen sehr erschwert. Die neuesten Bestimmungen auf Grund der Radialgeschwindigkeiten von etwa 50 Kugelhaufen scheinen einen etwas kleineren Wert von rund 170 km/sec als den aus älteren Bestimmungen erhaltenen zu ergeben.

2. Zu einem prinzipiell gleichlautenden Ergebnis führen auch die Beobachtungen an den im Sternsystem vereinzelt auftretenden Sternen besonders großer Geschwindigkeit (etwa über 60 km/sec in bezug auf die Sonne), die man aus diesem Grunde als «Schnelläufer» zu bezeichnen pflegt. Die Zielpunkte der Geschwindigkeiten dieser Sterne sind nämlich keineswegs gleichmäßig über die Kugel verteilt, sondern ausnahmslos in derjenigen Hälfte der Himmelssphäre enthalten, die in Abb. 6 links von einer durch die Gerade GS senkrecht zur Bildebene gelegten Ebene liegt, d.h. auf der der Richtung der Rotationsbewegung abgekehrten Seite. Hier wird uns die zunächst hypothetisch geforderte Bewegung unserer ganzen Sterngruppe gewissermaßen handgreiflich sichtbar: die Schnelläufer sind augenscheinlich Sterne, die die schnelle Bewegung unserer um den galaktischen Mittelpunkt mit großer Geschwindigkeit rasenden Gruppe nicht oder nicht in vollem Maße mitmachen und daher hinter ihr «zurückbleiben». Die «Schnelläufer» erweisen sich somit in Wirklichkeit als «Langsamläufer», die an der Fahrt unserer Sterngruppe um den Mittelpunkt des Milchstraßensystems nicht teilnehmen, sondern viel kleinere Geschwindigkeiten in bezug auf den allgemeinen Schwerpunkt des Milchstraßensystems haben und daher vermutlich um den galaktischen Mittelpunkt viel gestrecktere Bahnen beschreiben.

Wenn wir nun auf Grund aller oben geschilderten neuen Erkenntnisse ein Bild des wahren Aufbaus des Sternsystems zeichnen wollten, so würde das durch die räumliche Verteilung der Kugelhaufen gegebene Gerüst natürlich den Rahmen abgeben müssen. Doch würden wir sofort merken, daß dieser Rahmen zum größten Teil noch ganz unausgefüllt bleiben würde. Allerdings können wir unbedenklich in der Mitte des Bildes, in etwa 40000 Lichtjahren Entfernung von uns, das galaktische Zentrum aufstellen, das eine ungeheure Zusammenballung von mächtigen Sternwolken, leuchtenden und dunklen Nebeln und besonders massiven Sternen darstellt, um das sich die großen kugelförmigen Sternhaufen gewissermaßen als Untersysteme symmetrisch in bezug auf die Milchstraßenebene lagern, in Entfernungen, die bis zu 150000–200000 Lichtjahren (40000–60000 parsec) reichen. Womit sollen wir aber die ungeheuren diese Untersysteme voneinander trennenden Räume und vor allem die zwischen uns und dem Mittelpunkte des Systems gähnende Leere ausfüllen? Unsere eigene Sternfamilie, die von Seeliger, Kapteyn und ihren Zeitgenossen noch schlechthin für *das* Sternsystem gehalten wurde, stellt bestenfalls eine ganz lose örtliche Sternverdichtung dar, die sich höchstens bis zur halben Entfernung der Sonne vom Mittelpunkte des Systems erstreckt. Was dahinter liegt, bis die großen, diesen Mittelpunkt umgebenden Sternwolken erreicht sind, oder gar was *jenseits* dieses Mittelpunktes sich noch befinden mag, entzieht sich noch meistenteils völlig unserer Kenntnis. Glücklicherweise braucht dieser Raum heute nicht mehr als ganz weißer Fleck auf unserer Weltkarte zu bleiben: wir kennen nämlich außer den Kugelhaufen noch andere, losere und weniger massive Sternansammlungen, die alle in unmittelbarer Nähe der Milchstraßenebene liegen und als offene oder galaktische Sternhaufen bezeichnet werden. (Die Plejaden, die Hyaden, Praesepe usw.) Diese Gebilde enthalten praktisch niemals veränderliche Sterne, so daß die Cepheidenmethode zur Bestimmung ihrer Entfernungen nicht angewandt werden kann. Da wir aber in ihnen wegen ihrer im Vergleiche zu den Kugelhaufen beträchtlich kleineren Entfernungen auch die Spektraltypen zahlreicher Sterne bestimmen können, sind wir in der Lage, durch den Vergleich ihrer genähert bekannten absoluten Helligkeiten mit ihren scheinbaren Helligkeiten in den verschiedenen offenen Haufen uns ein provisorisches Urteil über die Entfernungen letzterer zu bilden und somit auch ihre räumliche Verteilung in ihren wesentlichen Zügen zu ermitteln. Allerdings sind diese Ent-

fernungen beträchtlich weniger zuverlässig als diejenigen der Kugelhaufen, vor allem weil sie durch die Lichtabsorption der gerade in der Milchstraßenebene besonders zahlreich auftretenden kosmischen Staub- und Gaswolken in schwer zu berücksichtigender Weise verfälscht werden. Die offenen Haufen scheinen nun ziemlich gleichmäßig im Raume gestreut zu sein und füllen die Lücke zwischen unserer lokalen Sternverdichtung und dem galaktischen Mittelpunkte einigermaßen aus, ohne zunächst irgendwelche charakteristische strukturelle Eigenschaften des Systems zu ver-

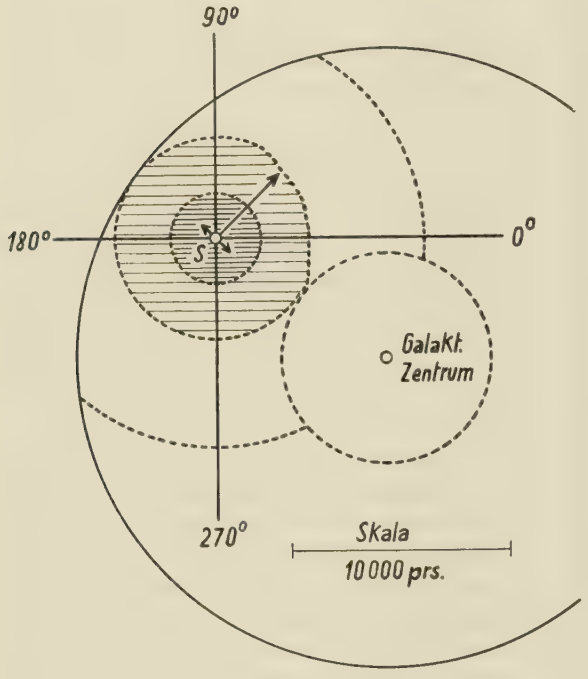


Abb. 7.
Schematische Skizze des galaktischen Systems nach R. J. Trümpler[1].

Verteilung der bekannten offenen Sternhaufen, projiziert auf die Milchstraßenebene. Innerhalb des dunkel schraffierten Kreises sind diese Sternhaufen beinahe gleichmäßig verteilt; im leichter schraffierten Ringgebiete nimmt ihre räumliche Dichte rapid ab. Der große punktierte Kreis um die Sonne bezeichnet die Grenzentfernung von 10000 parsec, bis zu der die Suche nach noch unbekannten offenen Sternhaufen fortgesetzt werden könnte. Der voll ausgezogene Kreis bezeichnet die Grenze des galaktischen Systems. Der große Pfeil stellt die Geschwindigkeit der Sonne in bezug auf das als ruhend betrachtete galaktische Zentrum dar, der kleine Doppelpfeil: die in bezug auf den Schwerpunkt der die Sonne umgebenden Sterngruppe beobachtete «Sternströmung».

raten. Da aber die allergrößten Entfernungen, in denen wir einen offenen Haufen als solchen noch erkennen können, «nur» etwa 30000—40000 Lichtjahre (rund 10000 parsec) betragen dürften, führt uns die Erforschung ihrer räumlichen Verteilung jedenfalls höchstens bis in die Nachbarschaft des galaktischen Zentrums heran, und es ist schon wegen der dieses umgebenden gewaltigen Staubwolken sehr fraglich, ob uns heute auch nur ein einziger jenseits von ihm liegender offener Sternhaufen bekannt ist. Das hier skizzierte, eingestandenermaßen höchst provisorische Bild des Milchstraßensystems, mit dem wir uns heute noch begnügen müssen, wird durch die nebenstehende, einer Arbeit von R. J. Trümpler, dem Erforscher des Systems der offenen Haufen, entnommene Zeichnung (Abb. 7) gegeben, die in der Legende genau beschrieben ist.

Bei dem festgestellten Versagen unserer Hilfsmittel und Methoden, uns einen tieferen Einblick in die Struktur unseres Milchstraßensystems zu verschaffen, ist es nur natürlich, einen Blick über die Grenzen dieses Systems hinaus zu werfen und zuzusehen, ob uns im Weltraume nicht noch andere Systeme sichtbar sind, deren aus großer Entfernung gewonnener Anblick uns vielleicht einen nützlichen Fingerzeig zur Lösung unseres Problems geben könnte. Nun sind solche «fremde Milchstraßensysteme», wie wir heute wissen und wie schon längst vermutet wurde, in der Tat vorhanden, und die bei ihnen auftretenden Formen können in zwei große Klassen eingeteilt werden: das mehr oder weniger exzentrische Ellipsoid und die Spirale. Es ist daher außerordentlich plausibel, auch bei unserem Milchstraßensystem eine von diesen Formen zu vermuten, wegen seiner ausgesprochen flockigen, aus einzelnen Sternwolken bestehenden Struktur, am ehesten wohl die letztere. Es hat denn auch nicht an Versuchen gefehlt, die am Himmel sichtbare Verteilung der großen Milchstraßenwolken in diesem Sinne zu deuten. Abgesehen von dem gänzlich phantastischen Entwurf von Proctor um die Mitte des 19. Jahrhunderts, hat Easton wohl als erster in einer im Jahre 1913 im Astrophysical Journal erschienenen Abhandlung den Versuch gemacht, den Anblick der Milchstraße durch Anordnung der sie bildenden Wolken längs einem Spiralaste zu erklären, wobei er den «Kern» dieses Spiralnebels in das Sternbild des Schwans verlegen zu können glaubte, was sich mit unserer seither gewonnenen Kenntnis von dem in der Richtung des Schützen liegenden galaktischen Zentrum keinesfalls vereinigen läßt. Trotzdem dieser und verschiedene andere Versuche gegenwärtig als verfehlt abzulehnen sind, wird sich heute schwerlich ein Astronom finden, der nicht im stillen den Glauben hegte, daß unser Milchstraßensystem eine irgendwie geartete spiralförmige Struktur besitzt. Und die Ergebnisse der allerneuesten Forschung scheinen diese Vermutung durchaus zu stützen: Wie aus den von W. Baade am großen Mount-Wilson-Reflektor von 100 Zoll ($2^1/_2$ m) Öffnung ausgeführten, noch nicht abgeschlossenen Untersuchungen hervorzugehen scheint, läßt sich unser galaktisches System als ein Spiralnebel des besonderen Typus, den man als «Balkenspiralen» zu bezeichnen pflegt, auffassen, dessen Eigentümlichkeit darin besteht, daß die Spiralarme in ihm nicht unmittelbar aus dem Kerne, sondern aus den beiden Enden eines den Kern durchsetzenden, mehr oder weniger geraden «Balkens» hervorwach-

[1] R. J. Trümpler, Astroph. J., *91*, 197, Fig. 3 (1940).

sen[1], Doch wäre es heute noch verfrüht, diesem Gedanken in einem der allgemeinen Orientierung gewidmeten Aufsatze weiter nachzugehen.

Wo bleibt aber bei dieser Betrachtungsweise das Phänomen der Sternströmung? Seine Unterbringung in einer spiralförmig gestalteten Sternwelt ist keine ganz leichte Aufgabe. Als vor etwa einem Vierteljahrhundert die mathematische Theorie eines aus Sternen bestehenden «Gases» von J. H. Jeans und V. C. L. Charlier begründet wurde, und sich sofort herausstellte, daß der wesentlichste Unterschied eines solchen «Sterngases» von einem gewöhnlichen Gase darin besteht, daß man beim ersteren, wegen der sehr großen Abstände der Sterne voneinander und ihrer verhältnismäßig kleinen gegenseitigen Geschwindigkeiten, den Einfluß der in der Gastheorie so überaus wichtigen «Zusammenstöße» ganz vernachlässigen kann, dafür aber die von der Gesamtheit aller Sterne auf jeden einzelnen ausgeübten Gravitationskräfte unbedingt berücksichtigen muß, konnten eine Reihe wichtiger Theoreme über die in einem *stationären* Zustande befindlichen Sternsysteme abgeleitet werden. Es ergab sich unter anderem, daß in einem solchen System, das sowohl eine kugelförmige als auch eine um eine Achse symmetrische Gestalt haben kann, die Geschwindigkeitsverteilung an jeder Stelle sehr wohl die Form eines gestreckten, eine Vorzugsrichtung besitzenden Geschwindigkeitskörpers besitzen kann, so daß auch ein mit dem ganzen System mitbewegter Beobachter in den von ihm wahrgenommenen Sterngeschwindigkeiten eine doppelseitige Strömung längs einer «Vertexrichtung» festzustellen in der Lage wäre. Wenn aber das Sternsystem wirklich ein Spiralnebel sein sollte, dann ist es weder im strengen Sinne achsensymmetrisch noch kann es sich in einem stationären Zustande befinden. Vielmehr scheinen die Untersuchungen von S. Chandrasekhar[2] zu zeigen, daß in diesem Falle die Geschwindigkeitsverteilung eine sphärische sein muß, wie sie z. B. durch ein Maxwellsches Verteilungsgesetz der Form (3) gegeben wird. Dann kann aber der an irgendeiner Stelle des Systems «mitreisende» Beobachter keine Sternströmung feststellen, da ja nun keine Bewegungsrichtung der Sterne vor einer anderen ausgezeichnet erscheint. Um das zweifellos vorhandene Phänomen der Sternströmung auch in diesen Vorstellungskreis einzubauen, muß daher auf die Kapteynsche «Zweistromhypothese» zurückgegriffen werden. Setzt man zum Beispiel mit Chandrasekhar voraus, daß sich die Sternverdichtungen, die wir als Milchstraßenwolken beobachten, längs den Ästen von Spiralen bewegen, und zwar sowohl nach innen (nach dem Kerne zu) als auch nach außen, so wird ein an irgendeiner Stelle eines Astes befindlicher Beobachter, ganz gleich in welcher Richtung er sich mit seiner Sonne bewegt, natürlich immer die beiden entgegengesetzten Sternströmungen feststellen können. Eine Bewegung längs einem Spiralaste ist dynamisch natürlich in beiden Richtungen möglich, ob aber das gleichzeitige Auftreten beider Bewegungen als wahrscheinlich bezeichnet werden kann, ist eine ganz andere Frage.

Aus den obenstehenden Betrachtungen ersehen wir, daß unser Bild der Struktur des Milchstraßensystems heute noch ein sehr unvollständiges und lückenhaftes ist. Ja man kann sogar sagen, daß die Erforschung dieser Struktur immer noch in ihren Anfängen steckt und eines der großen, noch ungelösten Probleme der modernen Astronomie bildet. Es ist auch durchaus möglich, daß dieses Problem in Wirklichkeit noch komplizierter ist, als wir lange geglaubt haben, denn die neueste Forschung legt den Gedanken nahe, daß unser Milchstraßensystem gar kein so abgeschlossenes und isoliertes Gebilde ist, wie es auf den ersten Blick zu sein scheint, sondern einer ganzen Gruppe von «Galaxien» angehört, die mit ihm zusammen einen kleinen Haufen von Milchstraßen bilden. Die beiden Magellanschen Wolken, die großen Spiralnebel in der Adromeda und im Dreieck, sowie mindestens zehn weitere kleinere Objekte sind heute als Mitglieder dieser «lokalen Gruppe» zusammenhängender Milchstraßen, deren Durchmesser somit viele Millionen von Lichtjahren betragen muß, mit Sicherheit erkannt worden. Aber damit sind wir bereits an die Grenze des hier zur Behandlung stehenden Problems angelangt und betreten das zunächst noch kaum erforschte uferlose Gebiet der *Metagalaxie*.

Summary

The very first attempt to explore the structure of our Galaxy undertaken by Sir William Herschel brought out its most prominent feature, namely its extremely flattened shape and the existence of a plane of symmetry coinciding with the plane of the Milky Way. After an interruption of about 100 years Herschel's work was again taken up, with enormously increased observational material, by Seeliger, Kapteyn, Schwarzschild, and others. The main difficulty in the determination of the spacial distribution of the stars lies in the fact of the existence of interstellar absorbing material, which renders the inverse-square law of decrease of the apparent intensity of a light-source inapplicable in all obscured regions. The model obtained by Kapteyn for the structure of the Galactic System on the assumption of practically complete transparency of interstellar space cannot therefore any longer be considered as an adequate representation of the actual form of this system. The study of the dynamical conditions prevailing in the Galaxy, likewise started by Herschel by the discovery of the sun's motion towards an apex, situated in the constellation of Hercules, was continued by the above-named astronomers and led in the first years of the present century to the discovery by Kapteyn of a preferential direction for stellar motions, now called the direction of the vertices, and interpreted by Kapteyn and Eddington as the direction of relative motion of two star-streams, permeating each other in the space occupied by the stars of our immediate surrounding. An alternative explanation of the phenomenon of "star

[1] E. v. d. Pahlen, Exper. *1*, 39 (1945), Abb. 2, Fig. SBc.
[2] S. Chandrasekhar, Astrophys. J. *92*, 441 (1940).

streaming" was given by Schwarzschild who proposed to substitute to the Maxwellian distribution of the stars' velocities, adopted by Eddington for the two hypothetical streams, a single law of distribution corresponding to a slightly altered Maxwellian law in which the spherical surfaces of equal frequency are replaced by spheroids. The rotation-axis of this spheroid, obtained by Schwarzschild and others from an analysis of proper motions and radial velocities, was found to be its longest axis, and its direction to coincide very closely with the vertices deduced by Eddington from his "two-stream" theory. The next important step in the study of the structure of the Galactic System was achieved by Shapley who applied his method of determining the distances of very distant star-clusters by the study of the Cepheid variables contained in them, to the system of the 96 globular clusters, forming in a sense the skeleton of our stellar system. Shapley was able to show that the position of our sun in this extended Galactic System was by no means central as had hitherto generally been supposed, but completely excentric, the sun being separated from the "Galactic Centre", situated in the direction of the constellation of Sagittarius, by a distance of over 10,000 parsec (30,000 light-years). The existence of a very distant Galactic Centre was further confirmed by the systematic variation of the mean radial velocities and proper motions of the stars along the Galactic Equator, studied by Oort and explained by him as the result of a general rotation of the whole stellar system round an axis passing through the Galactic Centre, but with velocities decreasing with the distance of the stars from this rotation-axis. Two more peculiarities of the dynamical state of the Galaxy, discovered in the course of the present century, tend to confirm the "Galactic Rotation Theory" proposed and developed by Oort and Lindblad. These are: (1) the very great velocity of the sun with respect to the globular clusters whose radial velocities have been determined (about 300 km/sec in a direction roughly perpendicular to the direction of the Galactic Centre), and (2) the complete asymmetry in the distribution of the directions of motion of the stars whose space velocities with respect to the sun exceed 60 km/sec. All these stars of greatest observed speed move in the opposite direction to that of the sun's motion and are therefore evidently field-stars which do not participate in the rapid motion of the sun and the major part of the stars forming its immediate surrounding, but are left behind by this quickly moving group in the course of its rotational motion around the Galactic Axis. In trying to give a general picture of the structure of our Galaxy we see that the frame of this picture must necessarily be given by the spacial distribution of the globular star-clusters, but that vast regions within this general frame must as yet remain a blank. The distribution of the open or "galactic" clusters studied by R. J. Trümpler permits us to a certain extent to bridge the gap separating the sun from the Galactic Centre, but all objects situated beyond this centre remain to the present day completely inaccessible to the optical means at our disposal. It is natural under these circumstances to turn to the numerous extragalactic nebulæ which have lately unquestionably been proved to be external star systems not unsimilar on the whole to our own, and among which the spiral form seems to play a very conspicuous part. There has accordingly been no lack of attempts to interpret the spacial distribution of the great star-clouds forming the Milky Way proper as the whorls of a spiral arm originating in the Galactic Centre, and the latest as yet only partly published results of W. Baade, obtained with the 100-inch reflector of the Mount Wilson observatory seem to indicate, that our stellar system may very well be conceived as a spiral nebula of the particular type known as "barred" spirals, though we cannot as yet be quite sure of the validity of this conclusion. The question of the structure of our Galaxy is moreover complicated by the fact that it apparently is not a completely isolated formation as had till recently been supposed, but forms a part of a local cluster of at least ten galaxies, to which the two Magellanic Clouds and the great spiral nebulæ *M 31 Andromedae* and *M 33 Trianguli* likewise belong.

Brèves communications - Kurze Mitteilungen
Brevi comunicazioni - Brief reports

Les auteurs sont seuls responsables des opinions exprimées dans ces communications. – Für die kurzen Mitteilungen ist ausschließlich der Autor verantwortlich. – Per le brevi comunicazioni è responsabile solo l'autore. – The editors do not hold themselves responsible for the opinions expressed by their correspondents.

Synthesis of Symmetrically Labeled Acetic Acid from $BaCO_3$

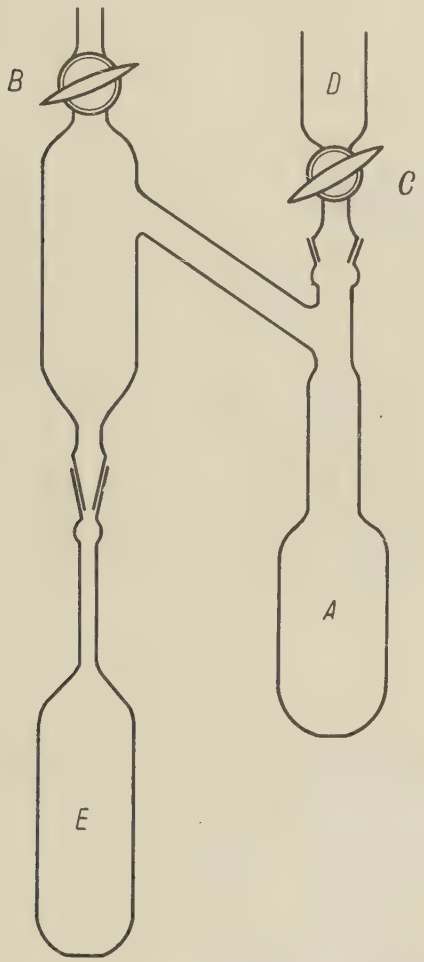
Acetic acid in which a labeling carbon isotope is distributed uniformly between the methyl and carboxyl groups is a useful compound as a tracer in metabolic experiments and in the synthesis of other metabolites. This report presents a simple method of synthesis on a small scale and in high yield. Since C^{13} and C^{14} are usually obtained as $BaCO_3$, the latter was taken as the starting material, and the synthesis consisted essentially of three steps: (1) reduction of $BaCO_3$ to BaC_2; (2) conversion of BaC_2 to acetylene; and (3) treatment of acetylene with KOH to form potassium acetate. Overall yields ranged from 60 to 80% when working on a 1-millimole scale.

Formation of BaC_2. The reduction of $BaCO_3$ to BaC_2 by heating with Mg in an atmosphere of H_2 was first reported by Maquenne[1] in 1893, and has recently been used by Cramer and Kistiakowsky[2] for the synthesis

[1] L. Maquenne, Ann. Chim. phys. *28*, 261 (1893).

[2] R. D. Cramer and G. B. Kistiakowsky, J. biol. Chem. *137*, 549 (1941).

of lactic acid. This reaction goes well on a small scale only if one takes advantage of the heat of the reaction by compressing the mixture of $BaCO_3$ and Mg powders into a hard, dense mass. In practice, ·2 g of $BaCO_3$ was intimately mixed with ·5 g of Mg powder, and the mixture compressed in a steel pellet press to a small wafer. This was placed in an iron boat inside an iron pipe through which a stream of H_2 gas was flowing, and was then set in a furnace at 1,000°. When the temperature of the pipe reached 700–750° reaction occurred and the pellet exploded. The pipe was cooled rapidly with water



Glass apparatus for converting BaC_2 to acetate.

and the gray-black contents of the boat transfered to the apparatus shown in the Figure for conversion to acetylene. Acetylene titrations according to WILLSTÄTTER[1] indicated yields of 75–85% in this step.

Conversion of BaC_2 *to Acetate*: BaC_2 reacts rapidly and quantitatively with water to yield acetylene. The method then used for acetate formation was based upon an observation by FEUCHTER[2] that acetylene bubbled through molten NaOH—KOH was partially converted to acetate. This principle was adopted by STROSACKER *et al.*[3] who used solid NaOH in the commercial production of acetate. We found a practically quantitative conversion when acetylene was heated in a sealed tube with alkali-saturate asbestos.

The apparatus shown in the Figure proved convenient for carrying out the reaction. In practice, the BaC_2 was placed in *A*, 15 ml water in *D*, and ·3 g of asbestos upon which had been dried ·6 g KOH in *E*. The apparatus was evacuated through stopcock *B* and a liquid air flask placed around *E*. Water, admitted through stopcock *C*, reacted violently with the carbide (the mixture was warmed with a flame for 5–10 minutes to insure completeness) and the evolved acetylene plus some water condensed in *E*. Tube *E* was sealed off and placed in a furnace at 250° for 1 hour, after which the contents were suspended in 50 ml water, 6 ml of 20% H_2SO_4 were added, and the acetic acid was distilled out. The acid was identified by a Ducleaux titration. Yields of 80–90% were obtained in this conversion; overall yields from $BaCO_3$ being in the range of 60–80%.

R. ABRAMS
(Donner Foundation Fellow)

Karolinska Institute, Chemistry Department, Stockholm, September 12, 1947.

Zusammenfassung

Es wird eine Methode beschrieben, mit deren Hilfe sich aus $BaCO_3$ Essigsäure herstellen läßt, die C^{13} oder C^{14} symmetrisch als «tracer» enthält: $BaCO_3$ wird zunächst zu BaC_2 reduziert. Hierfür wird $BaCO_3$ in einer kleinen Kugel mit Magnesiumpulver gemischt und gepreßt und dann in reiner Wasserstoffatmosphäre auf 700–750° erhitzt. Das resultierende Karbid (BaC_2) wird langsam mit Wasser zersetzt und damit Azetylen gewonnen. Das Azetylen wird mit Hilfe von mit Kaliumhydroxyd durchtränktem Asbest auf 250° erhitzt, wobei sich Kaliumazetat bildet. Dieses Kaliumazetat in Asbest wird in Schwefelsäure suspendiert. Durch Destillation erhält man Essigsäure. Die Ausbeute beträgt etwa 60–80%.

On the Mechanism of Catalytic Hydrogenation and Dehydrogenation with Rhodium[1]

The successful use of synthetic high polymers in the preparation of highly active noble metal catalysts led to the extension of their application to rhodium. Following the earlier[2] procedure for palladium and platinum we have prepared a rhodium-polyvinyl alcohol catalyst (Rh-PVA).

The Rh-PVA catalyst was used in the hydrogenation of the C=C double bond and NO_2 group. In particular, nitrobenzene[3] was studied in greater detail. It is readily reduced to aniline at atmospheric pressure and room temperature by shaking its alcoholic solution with hydrogen in the presence of Rh-PVA. Addition of hydrogen to the carbon-carbon double bond is also easily achieved.

The behaviour of palladium and rhodium is remarkably different in that the activity of rhodium is greatly

[1] R. WILLSTÄTTER and E. MASCHMANN, Ber. dtsch. chem. Ges. *53*, 939 (1920).

[2] H. FEUCHTER, Chem.-Ztg. *38*, 273 (1914).

[3] C. J. STROSACKER, C. C. KENNEDY, and E. L. PELTON, U. S. Patent 1866430 (1932).

[1] Contribution No. 57.

[2] F. F. NORD et al., J. Am. chem. Soc. *63*, 2745, 3268 (1941); *64*, 2721 (1942); *65*, 429, 2121 (1943); *66*, 2126 (1944); Proc. Nat. Acad. Sci. U. S. *29*, 246 (1943). – H. S. TAYLOR and W. J. SHENK, J. Am. chem. Soc. *63*, 2756 (1941); T. H. JAMES, ib. *64*, 732 (1942).

[3] F. F. NORD, Ber. dtsch. chem. Ges. *52*, 1705 (1919).

affected by the p_H of the solvent and other functional groups, whereas the activity of palladium is little or not influenced (Tables I and II).

Table I

Influence of p_H on the rate of reduction of nitrobenzene

p_H	$k \cdot 10^5$	
	Rh	Pd
3	0·69	1·62
7	0·30	1·62
10	1·38	1·57

Table II

Influence of substituents on the rate of reduction of nitrobenzene

Substance	$k \cdot 10^6$	
	Rh	Pd
p-CN	11·1	18·9
p-CHO	10·8	18·7
p-NO_2	10·4	18·5
p-COOH	10·1	18·5
p-I	9·25	18·5
p-Cl	9·02	18·5
p-Br	8·79	18·5
None	8.33	18·5
p-OCH_3	6·25	18·5
p-NH_2	1·85	18·5

These striking differences suggest that the mechanisms of hydrogenation with Rh-PVA and Pd-PVA may be different. A series of substituted nitrobenzenes (Table II) and propylene derivatives (Table III) were studied. The

Table III

Influence of adjacent groups on the hydrogenation of C=C

Compound	$k \cdot 10^5$ (Rh)
Allylamine	3·12
Acrylic acid	2·63
Acrylonitrile	2·12
Allyl alcohol	2·08
Allyl acetate	1·94
Allyl ethyl ether	·97
Acrolein	·28

reduction of the NO_2 group with Rh is accelerated by electron-attracting para-substituents, while it remains unaffected in the case of Pd. With propylene derivatives, hydrogenation of C=C with Rh is favored by the polarity of the adjacent groups.

The results indicate that rhodium *ionizes* molecular hydrogen, the positive H^+ being the effective starting agent[1]. Palladium, on the other hand, seems to form *atomic* hydrogen H·. These assumptions are supported by a stepwise reduction of nitrobenzene, by the electronic configurations of Pd and Rh atoms and by the different nature of the adsorption of hydrogen by these metals.

[1] R. Kuhn, Naturwiss. *13*, 171 (1925).

The Rh-PVA catalyst is effective also in the *dehydrogenation* of formic acid and isopropyl alcohol at 95 °C. The presence of elementary sulfur increases the rate of dehydrogenation. Kinetic studies show that there is a stoichiometric relationship between rhodium and sulfur:

Table IV

Rate of decomposition of HCO_2H by Rh (5 mg) in the presence of S

Amount of S (mg)	cm^3 of gas evolved in minutes			
	5	10	15	20
0	5	6·5	7·5	flocc.
1	7	11	12	flocc.
2	9	16	23	27
5	19	27	37	45

The influence of sulfur was also studied in the hydrogenation of maleic acid and nitrobenzene in order to correlate the mechanisms of hydrogenation and dehydrogenation. Sulfur proved to be toxic in the former case.

The available evidence regarding the interaction of sulfur points to a twofold rôle: (1) Sulfur in conjunction with rhodium may act as a hydrogen acceptor[1], hydrogen being subsequently liberated in molecular form and combined with sulfur as H_2S whose presence has been detected. (2) An intermediate complex (S-Rh-H-substrate) is apparently formed. The attachment of sulfur to the rhodium atom weakens the -H-substrate linkage.

This study had the support of the Bache fund of the National Academy of Sciences, the Office of Naval Research, and Baker & Co., Inc., Newark, N. J.

L. Hernandez and F. F. Nord

Department of Organic Chemistry, Fordham University New York 58, N.Y., October 14, 1947.

Zusammenfassung

Mit Hilfe eines neuen Rhodiumpolyvinylalkohol-Katalysators wurde der Mechanismus katalytischer Hydrierungen und Dehydrierungen untersucht. Aus den mitgeteilten Versuchsergebnissen geht hervor, daß molekularer Wasserstoff durch Rhodium *ionisiert* wird, während mit Palladium *atomarer* Wasserstoff gebildet wird. Bei der Untersuchung von Dehydrierungen wurde festgestellt, daß diese Reaktionen in Gegenwart von elementarem Schwefel beschleunigt werden. Der Schwefel wirkt entweder als Wasserstoffakzeptor oder nimmt an einer Komplexbildung teil.

[1] L. J. Sciarini and F. F. Nord, Arch. Biochem. *3*, 261 (1943).

Diffusionsmessungen an Kautschuk

Hochmolekulare Stoffe zeigen unter einer *äußeren* mechanischen Beanspruchung ganz besondere, eigentümliche Effekte; es liegt deshalb nahe, auch das *innere* mechanische Verhalten, im speziellen die innere Beweglichkeit dieser Stoffe zu untersuchen. Prinzipiell kann dies unter anderem in der Weise geschehen, daß man *fremde* Teilchen, insbesondere solche von molekularen Abmessungen als Sonden in das zu untersuchende Material einbringt und ihre Beweglichkeit bestimmt; prak-

Diffusionskonstanten verschiedener Substanzen in schwachvulkanisiertem Kautschuk

Substanz	Mol.-Gew.	Diffusionskonstante* D in cm^2/sec. Temperatur			
		20^0	25^0	30^0	40^0
Dioleat des DF** . .	1086	—		—	$2{,}5 \cdot 10^{-10}$
Dibenzoat des D. . .	522	$2{,}1 \cdot 10^{-9}$		$2{,}9 \cdot 10^{-9}$	$9{,}6 \cdot 10^{-9}$
Diazetat des D . . .	398	$2{,}7 \cdot 10^{-9}$		$7{,}4 \cdot 10^{-9}$	$2{,}6 \cdot 10^{-8}$
Azonaphthalin . . .	282	$8{,}1 \cdot 10^{-9}$		$2{,}0 \cdot 10^{-8}$	$3{,}9 \cdot 10^{-8}$
Azobenzol	182	$2{,}4 \cdot 10^{-8}$			
Kohlendioxyd*** . .	44		$1{,}1 \cdot 10^{-6}$		
Stickstoff	28		$1{,}5 \cdot 10^{-6}$		
Sauerstoff	32		$2{,}1 \cdot 10^{-6}$		
Wasserstoff	2		$8{,}5 \cdot 10^{-6}$		

* Die angegebenen Zahlen sind auf etwa 25% genau, der Wert für die Diffusionskonstante des Dianisidinfarbstoffs ist nur der Größenordnung nach richtig.

** DF = Dianisidinfarbstoff, D = Dioxy-azo-naphthalin.

*** Der Vulkanisationsgrad des Kautschuks, an dem diese Messungen durchgeführt wurden, ist nicht bekannt; da die Diffusionskonstanten von *Gasen* aber nur wenig vom Vulkanisationsgrad abhängen, ist es wohl gestattet, diese Werte hier mit den an *anderem* Material gewonnenen Daten zusammenzustellen.

tisch bedeutet das, daß man das *Diffusionsverhalten*[1] von Substanzen untersucht, die in dem betreffenden Material gelöst sind.

In Anlehnung an die bekannten Methoden[2] zur Messung von Diffusionskonstanten farbiger Substanzen in Flüssigkeiten wurde für diese Untersuchung zunächst ein Verfahren entwickelt, das es gestattet, derartige Messungen auch an *festen, hochmolekularen* Diffusionsmedien durchzuführen; als Beispiel eines hochmolekularen Materials diente im speziellen schwach vulkanisierter *Kautschuk*. Als *diffundierende Substanzen* wurden bis jetzt untersucht: Azobenzol, 1,1′-Azonaphthalin, Diazetat und Dibenzoat des 2,4-Dioxy-(1,1′-azo-naphthalins) sowie das Dioleat des 3,3′-Dimethoxy-diphenyl-4,4′-bis-([azo 4]-naphthol-1).

Die Auswahl resp. die Synthese dieser Verbindungen erfolgte nach folgenden Gesichtspunkten: Die Substanzen müssen erstens intensiv gefärbt und zweitens ziemlich gut löslich in Kautschuk sein, drittens sollen die einzelnen Verbindungen zwar chemisch ähnlich in ihren Molekulargewichten jedoch stark verschieden sein.

In der Tabelle sind die Ergebnisse der Messungen an den genannten Substanzen zusammengestellt, zur Ergänzung sind noch die Diffusionskonstanten einiger Gase[3] aufgeführt.

Auf Grund dieser Zahlen kann man nun ohne weiteres Aussagen über die Beweglichkeitsverhältnisse im festen Kautschuk machen; eine eigentliche Analyse und theoretische Deutung der Werte soll allerdings erst später gegeben werden.

Zu diesem Zweck sind zunächst die gefundenen Konstanten gegen die Molekulargewichte der diffundierenden Substanzen aufgetragen (Fig. 1); das bedeutet, wir wollen die Werte der Diffusionskonstanten *vor allem* als durch die *Größe* der diffundierenden Moleküle *bedingt* ansehen. Dies ist wohl zulässig, denn die untersuchten Substanzen sind ja chemisch verwandt, keine von ihnen trägt Gruppen, für die eine besondere, bei anderen Verbindungen der Reihe nicht vorhandene Wechselwirkung zu erwarten wäre. Zum Vergleich enthält die gleiche Figur[1] Diffusionskonstanten verschiedener Substanzen für das Diffusionsmedium Wasser[2].

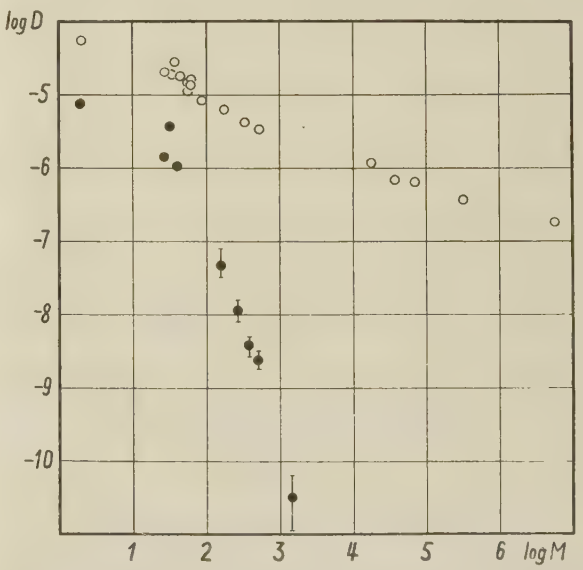


Fig. 1. Diffusionskonstanten D für die Diffusionsmedien Wasser (o) und Kautschuk (•) in Funktion des Molekulargewichts M der diffundierenden Substanzen.

Man entnimmt dieser Darstellung unmittelbar die Besonderheit des Diffusionsmediums Kautschuk[3]. Zu-

[1] W. Kuhn hat auf die Notwendigkeit derartiger Messungen stets hingewiesen; er selbst hat auch bereits für das Diffusionsmedium Kautschuk die Größenordnung der Diffusionskonstanten von Phenol angegeben sowie eine obere Grenze für den Wert der Diffusionskonstanten des weiter unten erwähnten Dianisidinfarbstoffs abgeschätzt. W. Kuhn, H. Suhr und K. Ryffel, Helv. phys. Acta *14*, 497 (1941). – W. Kuhn und K. Ryffel, Hoppe-Seylers Z. f. physiol. Chemie *276*, 145 (1942).

[2] Vor allem ist hier die Mikromethode von R. Fürth zu nennen, Phys. Z. *26*, 719 (1925).

[3] Die Diffusionskonstanten von *Gasen* in Kautschuk und ähnlichen Materialien sind schon seit längerer Zeit bekannt, sie werden nach anderen Methoden als den hier verwendeten bestimmt. Die wiedergegebenen Werte sind einer Zusammenstellung von R. Barrer, Diffusion in and through solids (Cambridge 1941), entnommen. – Für weitere, neuere Messungen siehe F. H. Müller, Phys. Z. *42*, 48 (1941), Koll. Z. *100*, 355 (1942). – P. Doty, J. chem. Phys. *14*, 244 (1945).

[1] Für diese Darstellung sind natürlich alle den Kautschuk betreffenden Werte auf ein und dieselbe Temperatur (25°) umgerechnet.

[2] Einer Darstellung bei R. Höber, Physical Chemistry of Cells and Tissues (London 1946), entnommen.

[3] *Kautschuk* ist hier lediglich als *Beispiel* einer hochmolekularen Substanz ähnlichen Baues zu nehmen, ebenso *Wasser* als (besonders gut untersuchtes) *Beispiel* einer *gewöhnlichen* Flüssigkeit.

nächst ist das hochmolekulare Material Kautschuk deutlich von den gewöhnlichen festen Stoffen verschieden, die Diffusionskonstanten sind in diesen um Größenordnungen kleiner. Kautschuk verhält sich eher ähnlich wie eine Flüssigkeit, vor allem was die Diffusion von Substanzen mit kleinem Molekulargewicht betrifft; er *unterscheidet* sich aber darin von einer «gewöhnlichen» Flüssigkeit wie z. B. Wasser[1], daß die Diffusionskonstanten mit steigendem Molekulargewicht der diffundierenden Substanzen sehr stark abnehmen. Auf diese Tatsache hat W. Kuhn, gestützt auf seine Schätzungen von Diffusionskonstanten (vgl. Note 1, Kol. 1, S. 491), bereits vor einigen Jahren in der eben genannten Arbeit hingewiesen.

Mit Hilfe der Einsteinschen Theorie der Diffusion kann man weiter aus den gefundenen Werten der Diffusionskonstanten *formal* Viskositäten der Diffusionsmedien errechnen, ähnlich wie man aus der Größe der Beweglichkeit makroskopischer Körper auf die Viskosität des Mediums schließt, in dem sich diese Körper bewegen. Die in dieser Weise gewonnenen Zahlenwerte (Fig. 2) können zur vorläufigen Charakterisierung der «flüssigen» Diffusionsmedien Kautschuk und Wasser dienen.

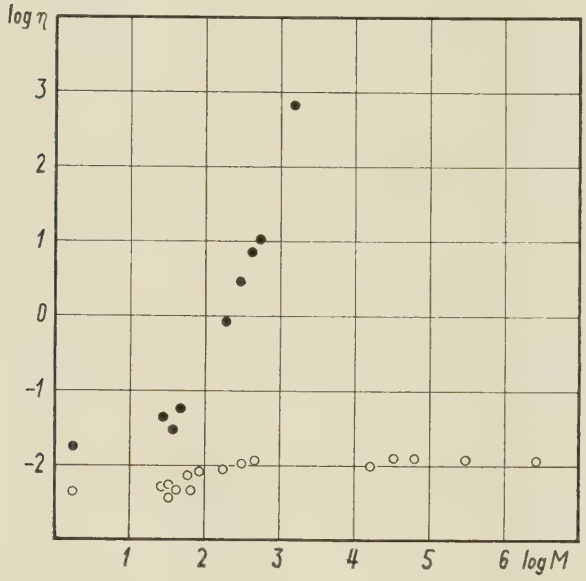


Fig. 2. Aus den Diffusionskonstanten formal errechnete Werte der Viskosität η von Wasser (o) und von Kautschuk (•) in Funktion des Molekulargewichts M der zur Bestimmung verwendeten Substanzen.

Wasser läßt sich dadurch kennzeichnen, daß diese Viskosität konstant ist, sie hängt kaum ab von der Größe[2] der Moleküle der diffundierenden Substanzen; überdies ist ihr Wert nahezu gleich dem in üblicher Weise aus ganz anderen Versuchen ermittelten Wert für die Viskosität des Wassers.

Die in entsprechender Weise für *Kautschuk* errechneten «Viskositäten» hängen im Gegensatz dazu stark ab von der Größe der diffundierenden Moleküle; aus den Diffusionskonstanten von Substanzen mit einem kleinen Molekulargewicht errechnet man zwar erstaunlich niedrige Viskositätswerte, die Werte nehmen aber sehr stark zu mit steigender Größe der diffundierenden Teilchen; aus der Diffusionskonstante der Substanz mit einem Molekulargewicht 1000 ergibt sich bereits eine Viskosität des Kautschuks von 10^3 Poisen.

Diese Veränderlichkeit der Viskosität ist gerade von der Art, wie sie von W. Kuhn und Mitarbeitern[1] für Materialien wie Kautschuk in einer kürzlich erschienenen Arbeit gefordert wurde, auf Grund einer Analyse von Experimenten, die sich mit dem *äußeren* mechanischen Verhalten des Kautschuks befassen.

Auf der anderen Seite ist der erwähnte Wert von 10^3 Poisen für eine Viskosität des Kautschuks noch erheblich kleiner als derjenige von 10^6 Poisen für seine gewöhnliche, äußere, bei langsamer Deformation zu beobachtende Viskosität[2]. Man kann daraus in besonders unmittelbarer Weise, in Verschärfung früherer ähnlicher Aussagen, folgern, daß bei einer Deformation von Kautschuk, bei der ja Kautschukteilchen in Kautschuk selbst diffundieren, die Größe dieser diffundierenden Teilchen beträchtlich sein muß, daß sich somit, genau wie es die statistische Theorie der Kautschukelastizität verlangt, bei einer Deformation große Bereiche der Molekülfäden im Kautschuk frei bewegen können.

Ich danke der Arbeitsgemeinschaft «Pro Helvetia» sowie der «Stiftung für Stipendien auf dem Gebiete der Chemie» für die Gewährung von Stipendien, die mir die Durchführung dieser Arbeit ermöglicht haben.

F. Grün

Physikalisch-chemische Anstalt der Universität Basel, den 11. November 1947.

Summary

The constants of diffusion of various substances were measured in rubber as the medium of diffusion. Quantitative determinations of the inner motility of rubber can be made on the basis of the values thus obtained.

[1] W. Kuhn, O. Künzle, A. Preissmann, Helv. chim. Acta *30*, 464 (1947).

[2] A. van der Wyk, Rubber Techn. Conf. London, 1938, p. 985; von W. Kuhn und Mitarbeitern ist in der eben zitierten Arbeit (Fußnote 1) sowie in zwei weiteren Publikationen (Helv. chim. Acta *30*, 307 [1947]; *30*, 839 [1947]) gezeigt worden, daß der Viskositätswert durchaus von der Frequenz der Beanspruchung abhängt. Der angegebene Wert von 10^6 Poisen wird bei einer Frequenz von etwa 0,05 sec^{-1} gefunden.

Über die Membransubstanzen von *Chlorochytridion tuberculatum* W. Vischer

Herr Kollege W. Vischer, Basel, hat uns Material eines neuen grünen Einzellers *Chlorochytridion tuberculatum*[1] zur Verfügung gestellt, um die stoffliche Zusammensetzung der eigenartig höckerigen Zellwände dieses Einzellers abzuklären. Insbesondere war festzustellen, ob die Membran Zellulose oder Chitin als Gerüstsubstanz enthalte.

Die üblichen *mikrochemischen Membranfärbemethoden* versagen (keine Färbung mit substantiven Benzidinfarbstoffen zum Nachweis von Zellulose oder Chitin, keine Färbung mit Rutheniumrot zum Nachweis von Pektinstoffen, keine Färbung mit Millons Reagens zum Nachweis von tyrosinhaltigen Eiweißstoffen, Gelbfärbung mit Chlorzinkjod), während im Zellinhalt leicht Stärke, Fett und Eiweiß nachgewiesen werden können. Auch unspezifische Farbstoffe (Gentianaviolett, Fuchsin usw.) vermögen die Zellwand nicht anzufärben; es muß offenbar ein sehr dichtes submikroskopisches Membrangerüst vorliegen.

[1] W. Vischer, Verh. naturf. Ges. Basel *56*, 41 (1945).

[1] Siehe Note 3, Kol. 2, Seite 491.

[2] Es wird bei der Berechnung von η vorausgesetzt (ebenso bei der entsprechenden Berechnung im Falle des Kautschuks), daß die Moleküle der diffundierenden Substanzen Kugelgestalt besitzen. Diese Voraussetzung ist einigermaßen erfüllt, auf Details soll in diesem Zusammenhang nicht eingegangen werden.

Röntgendiagramme (aufgenommen an frischem Algenmaterial, das zu dünnen Zylinderchen gepreßt wurde, führten zu den folgenden Feststellungen:

Probe I: Bereits im Anlieferungszustand sind neben Andeutungen von Zelluloseinterferenzen die hauptsächlichen Quarzinterferenzen erkennbar; nach Veraschung werden die Quarzlinien noch deutlicher wahrnehmbar, daneben auch Anzeichen von Hämatitinterferenzen;

Probe III: Erst in der Asche sind Quarzinterferenzen feststellbar, besonders deutlich nach Behandlung der Asche mit HNO_3, auch hier daneben Anzeichen von Hämatitlinien;

Probe IV: Im Anlieferungszustand dieses Präparates, welches die besten Diagramme lieferte, werden neben deutlichen Zelluloseinterferenzen nahezu vollzählig die Calcitlinien erhalten, nach Behandlung mit HCl zeigt die Röntgenaufnahme neben den Zelluloseinterferenzen einwandfrei die Quarzlinien. Aus der Linienbeschaffenheit ergibt sich, daß der Calcit in Mikrokristallen von mittleren Abmessungen um 10^{-3} cm vorliegt, während die Quarzkristalle kleinere Dimensionen, indessen sicher eine lineare Größe über 10^{-5} cm aufweisen.

Es folgt hieraus, daß eine *beträchtliche Mineralisierung* der aus Zellulose bestehenden Zellwände vorhanden ist, wobei diese auf einer Einlagerung verschiedener Kristallarten, vor allem *Quarz* und *Calcit*, beruht; Art und Gehalt der eingelagerten anorganischen Substanz können in beträchtlichen Grenzen schwanken.

Dieser Befund verdient insofern ein besonderes Interesse als bisher außer bei Kieselgur noch in keinem Fall von verkieselten organischen Objekten pflanzlicher oder tierischer Herkunft kristallisiertes SiO_2 in Form von Quarz nachgewiesen worden ist[1]. Ob neben dem röntgenographisch faßbaren, kristallinen SiO_2-Anteil noch ein weiterer in amorpher Form vorliegt, läßt sich an Hand unserer Untersuchung nicht entscheiden. Es wäre an sich denkbar, daß die nachgewiesenen Quarzkriställchen in den Protuberanzen der Zellwand, welche der Alge ihren Namen eingetragen haben, vorkommen, während daneben noch ein bloß pseudokristallin gebautes SiO_2-Gerüst in der Zellmembran selber bestehen würde. Wesentlich ist auf alle Fälle, daß dem Kulturmilieu der Algen keinerlei Kieselsäure oder Quarzsand zugefügt worden ist, so daß die Kieselsäure des in der Alge nachweisbaren Quarzes wohl aus dem Glas der Erlenmeyer-Kultur-Flaschen stammen muß. Offensichtlich findet dann in der Alge selber die Kristallisation des Quarzes statt; dies ist deshalb eine recht bemerkenswerte Erscheinung, weil es bei Kristallisationsversuchen *in vitro* nicht ohne weiteres gelingt, unter gewöhnlichen Bedingungen Quarz in mikrokristalliner Form zu erhalten. Immerhin ist die Feststellung, daß im Milieu eines lebenden Organismus Kristallisationsprozesse einen besondern, zunächst nur schwer zu verstehenden Verlauf nehmen und zu einer auffallend guten Ausbildung der Kristalle führen können, bereits in anderem Zusammenhang gemacht worden[2].

Mit konzentriertem Formalin fixierte *Chlorochytridion*-zellen lieferten eine bisher nicht beobachtete Abfolge von Interferenzen, wobei neben diesen zum Teil sehr intensiven Linien jene der übrigen Kristallarten nicht oder nur unsicher nachzuweisen waren. Die Netzebenenabstände dieses neuartigen Interferenzensystems und die Intensitäten der einzelnen Linien betragen:

3,87	$2,67_5$	$2,48_5$	$2,1_1$	1,95	
ststl	*st*	*s*	*ssb*	*m*	
1,88	1,83	$1,75_5$	$1,66_2$	1,37	ÅE
s	*s*	*ss*	*s*	*ss*	

(*ststl* sehr stark, *st* stark, *m* mittel, *s* schwach, *ss* sehr schwach, *b* auffallend breite Linie).

E. Brandenberger und A. Frey-Wyssling

Laboratorium für Röntgenographie an der EMPA. und am Mineralogischen Institut der ETH. und Pflanzenphysiologisches Institut der ETH. Zürich, den 3. November 1947.

Summary

The membrane of *Chlorochytridion tuberculatum* (nov. gen., nov. spec.) W. Vischer is analyzed by X-ray spectrography. Cellulose, quartz, and calcite are detected. It is remarkable that quartz, which does not crystallize under physiological conditions *in vitro*, is formed in the cell wall of *Chlorochytridion*.

[1] Siehe hierzu E. Brandenberger und H. R. Schinz, Helv. med. Acta (A), Suppl. XVI zu Vol. 12 (1945), sodann E. Brandenberger und H. R. Schinz, Ber. schweiz. bot. Ges. *54*, 255 (1944), speziell p. 266.

[2] E. Brandenberger und H. R. Schinz, l.c., wo von Apatitverkalkungen in einzelnen Fällen ein ähnlich auffallendes Verhalten erwähnt wird.

Ein Töne erzeugender Fisch im Neapler Aquarium

Während eines Aufenthaltes in Neapel zur Untersuchung des Gehörsinnes von Meerfischen im vergangenen Sommer wurde die Gelegenheit benützt, um nach etwaigen unter Wasser erzeugten Lauten zu horchen. Der zu diesem Zweck zusammengestellte Apparat bestand aus einem als Unterwassermikrophon (Hydrophon) verwendbaren, gut abgedichteten Telephonhörer, der durch ein längeres Gummikabel mit einem Röhrenverstärker mit Batterieantrieb und Kopfhörer verbunden war[1]. Da mir nur wenig Zeit zu diesen Versuchen zur Verfügung stand, beschränken sich meine Beobachtungen auf das Aquarium der Zoologischen Station.

Kaum hatte ich am 10. Juli abends gegen 7 Uhr das Mikrophon zum ersten Male in eines der großen Schaubecken gehängt und den Verstärker eingeschaltet, als ein sehr auffallendes Klopfsignal zu hören war. *Es klang genau wie das ungeduldige Klopfen mit dem Fingerknöchel an eine Zimmertüre.* Nach kurzer Zeit wiederholte sich die Erscheinung, und das geschah im Laufe der nächsten Minuten noch öfters. Jedes Klopfsignal bestand aus einer kurzen Serie (von 2 bis 7) untereinander gleicher Einzelklopflaute, welche im Tempo von 8 pro Sekunde aufeinanderfolgten. Auch bei Belauschen des Aquariums ohne Mikrophon, mit dem Ohr an der Glasscheibe, war der gleiche Schall in aller Deutlichkeit zu hören, ja sogar frei in der Luft, manchmal in einer Entfernung von 1 m von der Aquarienwand!

In dem Becken befanden sich Langusten (*Palinurus vulgaris*) und größere Fische der Arten *Labrax lupus*, *Mugil cephalus* und *Sargus annularis* sowie vier 35–40 cm lange Exemplare des Sciäniden *Corvina nigra*. Der letzte Umstand hatte mich veranlaßt, gerade dieses Becken zum Abhorchen auszuwählen. Denn Tonerzeugung ist ja, wenn auch nicht von *Corvina*, so doch von mehreren Sciäniden seit langem bekannt («Trommelfische»[2]). Außerdem hatte sich *Corvina* in meinen ein-

[1] Die Apparatur wurde mir von der holländischen PTT.-Verwaltung in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt. – Das Hydrophon war mit einem Stück Fahrradschlauch verbunden, um Druck auf die Membran bei zunehmender Wassertiefe zu vermeiden.

[2] Der Name «Meerrabe» für unsere Art könnte auf die gleiche Fähigkeit hindeuten, wird aber meist auf die dunkle Färbung der Tiere bezogen.

gangs erwähnten Versuchen als ein besonders gut hörender Fisch erwiesen. Die weitere, gleichzeitig akustisch mit dem Telephon und optisch vom Zuschauerraum aus vorgenommene Beobachtung führte in der Tat zu dem Ergebnis, daß die Klopfsignale von *Corvina* hervorgebracht wurden, und zwar zeigte sich dabei folgendes:

Zwei von den vier Tieren bildeten offensichtlich ein Pärchen. Das kleinere der beiden Partner, allem Anschein nach das Männchen (im folgenden daher mit einigem Vorbehalt als solches bezeichnet), schwamm immer dicht hinter und unter dem trägen und größeren Weibchen (?) einher, bzw. blieb in einer charakteristischen Stellung unter ihm stehen, wenn es an seinem gewohnten Ort an einer der Seitenwände des Beckens verweilte. Der Kopf des Männchens befand sich dabei unter dem Bauch des Weibchens. Die übrigen beiden Corvinen hielten sich ganz abseits, bzw. schwammen ruhig mit den anderen Fischen des Beckens herum. Von Zeit zu Zeit verließ aber das Männchen seine Partnerin, schwamm auf eine der beiden anderen Corvinen zu – ohne daß diese dazu, außer durch ihre Anwesenheit, einen ersichtlichen Anlaß gegeben hätte – und jagte sie im Becken herum. *Bei diesem Herumjagen wurde nun jedesmal das Klopfsignal erzeugt.* Und zwar ließ sich auf Grund des Zusammenhanges zwischen der Lautstärke und der Entfernung, in der sich die Tiere jeweils vom Mikrophon befanden, feststellen, daß es immer nur das verfolgende Männchen war, welches «klopfte». Praktisch: jedes Herumjagen war früher oder später vom Auftreten eines Klopfsignals begleitet. Gelegentlich klopfte das Männchen schon, wenn es auf den anderen Fisch zuschwamm; in den meisten Fällen geschah das aber erst später und am häufigsten erst dann, wenn der Verfolger abschwenkte, nachdem er das fliehende Tier in einem letzten raschen, bogenförmigen Satz durch das ganze Aquarium vor sich her getrieben hatte.

Die frequente Produktion der Klopflaute setzte erst am Abend, kurz vor Hereinbruch der Dämmerung, ein. Die Klopfsignale traten zunächst immer häufiger auf, wurden dann wieder seltener, um nach Eintritt der Dunkelheit praktisch aufzuhören. Am frühen Vormittag hörte ich im Laufe einer Stunde bloß einmal ein kurzes Klopfsignal. Dies alles stimmte genau mit dem Verhalten des Männchens überein, welches erst gegen Tagesende die Nähe des Weibchens aufsuchte und mit dem Jagen der anderen Corvinen begann. Unter allmählich steigender Erregung wurde nicht nur immer häufiger gejagt und geklopft, sondern es wurden auch die Klopfsignale dadurch gleichsam nachdrücklicher, daß ihre Dauer länger wurde; es herrschten dann die langen Signale von 5 bis 7 Einzelklopflauten vor. Ob auch die Lautstärke variiert wurde, ließ sich mit meiner Anordnung nicht feststellen.

Während das Tier klopfte, war ihm äußerlich nichts anzusehen, auch wenn es zufällig nahe der Glaswand vorbeischwamm. Smith[1] konnte experimentell feststellen, daß die Lautäußerungen bei Sciäniden durch die Aktion besonderer Muskeln verursacht werden, welche der Schwimmblase dorsal dicht aufliegen. Diese selbst dient als Resonator und bedingt die erhebliche Lautstärke. Die Tiere sollen im Meer auf größere Distanz hin zu hören sein. In meinem Fall war das Klopfen der Corvine auch dann noch frei in der Luft vor dem Aquarium zu hören, wenn das Tier sich im Hintergrund desselben, also in 2 bis 3 m Entfernung von der Glasscheibe befand.

Die biologische Bedeutung der Klopfsignale dürfte auf dem Gebiet der Fortpflanzung liegen, indem sie eines der Mittel darstellen, durch welche das Männchen sich als solches gelten läßt. Bei den meisten Sciäniden findet sich nach Smith der erwähnte Muskel nur im männlichen Geschlecht, während auch nur von den Männchen Tonerzeugung beobachtet wurde. Alle mir für Sektion zugänglichen Corvinen waren Männchen und im Besitz der von Smith beschriebenen Muskeln.

S. Dijkgraaf

Zoologisches Institut der Universität Groningen, den 8. Oktober 1947.

Summary

During a stay at the Naples Zoological Station in July the production of a knocking sound by *Corvina nigra* (*Sciaenidae*) was observed. Each sound signal consisted of a short series of knocks (ranging from 2 to 7) which followed each other at a rate of 8 per second. The sound-producing animal, probably a male, "knocked" every time when it was driving away another individual of the same species. All this occurred most frequently in the evening during twilight.

[1] H. M. Smith, Science N.S. *22*, 376 (1905). – Vgl. auch J. D. F. Hardenberg, Zool. Anz. *108*, 224 (1934). – M. B. Dobrin, Science *105*, 19 (1947). Zusammenfassende Darstellungen der Schallproduktion bei Fischen gaben O. Weiss in Wintersteins Handbuch der vergl. Physiol. III/1, 305, und E. Scharrer im Hb. der norm. u. path. Physiol. XV/2, 1241 (1931).

Penicillin and Ribonuclease

In a previous paper[1] we have shown that acridines (as well as other basic dyes) and streptomycin are inhibitors of ribonuclease because they form electroadsorption complexes with the ribonucleoproteids of yeast cells which are not attacked by the enzyme. We have also proved[2] that when acridines and streptomycin are added to a suspension of yeast cells, they compete for the same cellular substrate, i.e. the ribonucleoproteids.

We have now proved that penicillin[3] inhibits also the activity of ribonuclease, the substrate being the ribonucleoproteids of the yeast cell. Our experimental procedure is as follows: On a series of watch glasses is placed 0·1 ml of a 1 p.c. suspension of bakers' yeast; this is dried at a temperature maintained below 60 °C, fixed during 10 minutes with alcohol and dried again; on the smears thus obtained is poured 1 ml of fluid, composed of 0·8 ml of water, 0·1 ml of a solution of crystalline ribonuclease (1 mg/2 ml)[4], and 0·1 ml of a penicillin solution; for the controls, a fluid is employed composed of 0·9 ml of water and 0·1 ml of the same solution of ribonuclease. The watch glasses are kept in a thermostat at a temperature of 40 °C for a definite time and the experiments are interrupted by a careful washing. Staining with trypaflavin as previously described[2] enables to determine the amount of ribonucleic acid which is not broken down. A colorimetric reading (Stufenphotometer Zeiss, filter S 43) expresses the quantity of ribonucleic acid having resisted theattack of ribonuclease. For three of such experiments the results are given below. (Dura-

[1] L. Massart, G. Peeters, and A. Lagrain, Arch. int. Pharmac. Thér., in press.

[2] L. Massart, G. Peeters, and A. Vanhoucke, Exper. *3*, 289 (1947).

[3] We are very grateful to Dr. E. Chain for a gift of penicillin (Na salt, 1640 units per mg) and of streptomycin.

[4] We thank Prof. Linderström-Lang for his kind gift of this enzyme.

tion: 30 minutes for experiment No. 1, 40 minutes for experiment No. 2 and 3.)

Colorimetric reading	Experiment		
	1	2	3
1. For control, without ribonuclease and penicillin .	0·55	0·51	0·50
2. For control, with ribonuclease, but without penicillin	0·20	0·10	0·02
3. Ribonuclease with penicillin $1 \cdot 10^{-3}$.	0·35	0·35	0·25
4. Ribonuclease with penicillin $1 \cdot 10^{-4}$.	0·30	0·24	0·10
5. Ribonuclease with penicillin $1 \cdot 10^{-5}$.	0·25	0·17	0·06
6. Ribonuclease with penicillin $1 \cdot 10^{-6}$.	0·20	0·10	0·02

From these results, it appears that concentrations of $1 \cdot 10^{-3}$ and $1 \cdot 10^{-4}$ produce a strong inhibition and that concentrations of $1 \cdot 10^{-5}$ are slightly inhibitory in the conditions of our experiments.

Although it is not our intention to explain the antibiotic activity of penicillin by the sole fact that it inhibits ribonuclease, it is to be recalled here that KRAMPITZ and WERKMAN[1] found that penicillin interferes with the dissimilation of cellular ribonucleic acid and of sodium ribonucleate as a substrate for *Staphylococcus aureus* and other bacteria.

It is however worthy of note that two of the most active antibiotics (penicillin and streptomycin) inhibit the same enzyme. The mechanism of the inhibition is however not the same: streptomycin acts on the substrate, penicillin on the enzyme itself. Concerning this last fact we have proved by methods previously described[2] that penicillin and acridines (and of course streptomycin) do not compete for ribonucleoproteids. The difference in chemical structure offers an easy explanation of the results.

This research was aided by a grant of the Vander Stricht Foundation and of the Ella Sachs Plotz Foundation.

L. MASSART, G. PEETERS, and A. VANHOUCKE

Biochemical Laboratory (Biochemical Centrum) and Pharmacological Laboratory (Veterinary College), University of Ghent, August 22, 1947.

Résumé

L'activité de la ribonucléase vis-à-vis des ribonucléoprotéides de la levure est inhibée par la pénicilline.

[1] L. O. KRAMPITZ and C. H. WERKMAN, Arch. Biochem. *12*, 57 (1947).

[2] L. MASSART, G. PEETERS, and A. VANHOUCKE, Exper. *3*, 289 (1947).

Neuere Beiträge zur Technik der Fraktionierung der Serumeiweißkörper

Die neueren, so erfolgreichen Verfahren der Fraktionierung der Eiweißkörper des Blutserums mit Hilfe der Elektrophorese[1], bzw. der abgestuften Ausfällung durch verdünnten Alkohol[1], haben die ältere Methode der Elektrodialyse[2] etwas in den Hintergrund gedrängt. Eine Proteinfraktionierung kann in letzterem Falle zum mindesten bis zu einem gewissen Grade durch eine fortlaufende Entsalzung des Serums im Zusammenhang mit einer vorsichtigen Verringerung des p_H, durchgeführt werden. Ein derartiger Eingriff kann nur dann als schonend angesehen werden, wenn der Prozeß der Reinigung wenig Zeit in Anspruch nimmt, unphysiologische Temperatursteigerungen ausgeschlossen bleiben, eine hinreichende Sterilität gesichert ist und erhebliche Verschiebungen des p_H[3] vermieden werden können. Gerade der Verwirklichung der letzten Fundamentalbedingung stellten sich bisher nahezu unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen.

In all denjenigen Fällen, wo man natives, d.h. unverdünntes Serum fraktionieren muß und der Zusatz blutfremder Substanzen unerwünscht ist, ist die Elektrodialyse daher allein das gegebene Verfahren. Man zögerte aber mit ihrer Anwendung wegen des obengenannten Mangels.

Schon früher hatte man erkannt, daß die Reaktion des Serums in der Mittelzelle einer Elektrodialyseapparatur weitgehend von den physikalisch-chemischen Eigenschaften der anodischen Membran abhängt[4]. Einige Vorstudien hatten gezeigt, daß durch stark positiv aufgeladene Diaphragmen gefährliche Ionenstauungen bzw. zu tief gehende Reaktionsverschiebungen[5] vermieden werden konnten. In diesem Zusammenhang bediente man sich u.a. auch mit Proteinkörpern imprägnierter Kollodiummembranen[6].

Aus verschiedenen, vornehmlich versuchstechnischen Gründen kann man die bisher auf diesem Gebiete vorliegenden spärlichen Untersuchungen bestenfalls als vorläufige bezeichnen.

Die bisher empfohlenen zwei Verfahren zur Membranherstellung[7] wurden eingehend geprüft und neue Wege zu ihrer Vervollkommnung eingeschlagen. Bei diesen Verfahren wird entweder flüssiges Kollodium mit pulverförmigen Trockenpräparaten aus verschiedenen Serumeiweißkörpern geschüttelt und aus derartigen Suspensionen durch Ausgießen Membranen hergestellt. Im anderen Falle wird das Eiweiß direkt auf die Oberfläche des Diaphragmas gebracht.

Auf bekannte Weise stellten wir aus Rinderserum, vorerst durch reine Elektrodialyse bzw. durch eine Kombination mit Aussalzverfahren durch Ammoniumsulfat, die drei Eiweißfraktionen her, die man mit Pseudoglobulin, Euglobulin bzw. mit Albumin, zu bezeichnen pflegt. Aus den Lösungen, bzw. den salzfreien Niederschlägen, wurden durch Vakuumbehandlung bei niedriger Temperatur und Aussieben Trockenpulver hergestellt. Gearbeitet wurde mit einer schwächeren 2%igen bzw. mit einer 5%igen Kollodiumsuspension, bei variierter Dicke der Diaphragmen. Darüber hinaus wurden auch Pulverpräparate aus unverändertem, genuinem Blutserum verwandt. Mit derartigen Membranen elek-

[1] A. TISELIUS, Biochem. J. *31*, 1464 (1937).

[1] E. J. COHN und Mitarbeiter, J. Am. chem. Soc. *68*, 459 (1946).

[2] W. O. PAULI, Helv. chim. Acta *25*, 137 (1942). – J. DHÉRÉ, ebenda *27*, 1079 (1944).

[3] K. O. PEDERSEN, Ultra-centrifugal Studies on Serum and Serum Fractions, Upsala 1945, p. 140.

[4] H. FREUNDLICH und F. LOEB, Biochem. Z. *150*, 522 (1924).

[5] W. BECK, Biochem. Z. *156*, 471 (1925); derselbe, erscheint demnächst in: Ned. Tijdschr. v. Geneeskunde. — G. ETTISCH und W. BECK, Biochem. Z. *171*, 443; *172*, 1 (1926); dieselben, in: Dtsch. med. Wschr. Nr. 47 (1925). Patente der Elektro-Osmose AG., Berlin.

[6] D. G. HITCHCOCK, J. gen. Physiol. *8*, 61 (1928).

[7] G. ETTISCH und W. EWIG, Biochem. Z. *216*, 401 (1929).

trodialysierten wir steriles, natives und durchaus hämolysefreies Rinderserum und verfolgten die Veränderung des Wasserstoffexponenten in Abhängigkeit von der Zeit elektrometrisch. Es gelingt in der Regel, in der Zeit von 3—3½ Stunden 100 cm³ Serum so weitgehend zu entsalzen, als dem Leitvermögen von destilliertem Wasser entspricht. Hierbei wurde ein p_H-Bereich durchschritten, der sich von maximal 8,5 bis minimal 5,2 erstreckte. Die Dicke der Membran bzw. der Gehalt an Eiweißkörpern in den oben angegebenen Konzentrationsgrenzen hatte keinen ersichtlichen Einfluß auf das Ergebnis. Abb. 1 zeigt einige Ergebnisse im Diagramm. Der Neutralpunkt 7,0 ist durch eine ausgezogene, der isoelektrische Punkt des Euglobulins 6,0 durch eine gestrichelte Linie gekennzeichnet. Die Schaulinie *IV* bezieht sich auf einen Versuch mit einer anodischen Pergamentmembran bzw. mit einer Kollodiummembran, die mit Cholesterin präpariert wurde. Die Schaulinie *I* entspricht einer Kollodiummembran, die Euglobulinpulver enthielt, das ammoniumsulfathaltig war. Die Unstetigkeit in der Kurve wird anscheinend dadurch hervorgerufen, daß im Laufe der Elektrolyse NH_4Ionen aus der Membran durch den Mittelraum hindurchwandern, wodurch die Reaktion wieder alkalischer wird. Die Schaulinien *II* bzw. *III* nehmen Bezug auf eine Elektrodialyse / Euglobulin-Membran mit einem Gehalt von 2 bzw. 5% Eiweiß. Der Versuch *V* bezieht sich schließlich auf ein Diaphragma aus humaner Amnionhaut[1]).

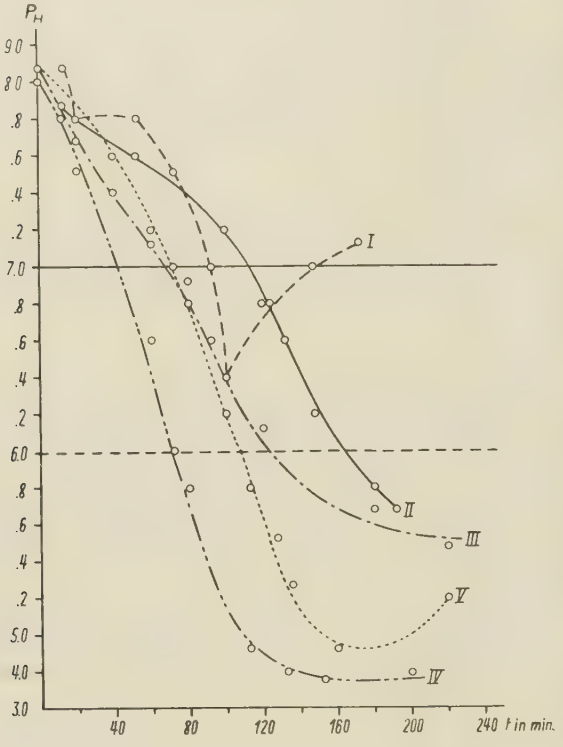


Abb. 1.

Das Diagramm lehrt, daß das Serum im Laufe der Elektrodialyse während beträchtlich langer Zeit eine Reaktion aufweist, die nicht nur unter dem Neutralpunkt liegt, sondern auch den isoelektrischen Punkt des Euglobulins ganz beträchtlich unterschreitet. Eine spezifische Wirksamkeit der Proteine ist nicht zu beobachten und auch infolge der aufgetretenen Denaturierung, wie wir durch andere Versuche nachweisen konnten, nicht zu erwarten.

Wirksamer als eine Imprägnation mit Pulverpräparaten erschien eine unmittelbare Aktivierung der Kollodiumoberfläche mit Eiweiß. Neben anderen Verfahren kann man sich hier mit Vorteil der Adsorption bedienen[1]. Die Wirksamkeit einer derartigen Oberflächenbehandlung hängt in komplizierter Weise von einer großen Reihe von Faktoren ab, wie der Konzentration des Adsorbens, dem p_H, dem Elektrolytgehalt, der Temperatur, der Porosität der Membran, und schließlich auch davon, ob man in Ruhe bzw. in bewegtem Zustand arbeitet. Zu brauchbaren Diaphragmen kann man nur gelangen, wenn man alle diese Faktoren unter Kontrolle bekommt.

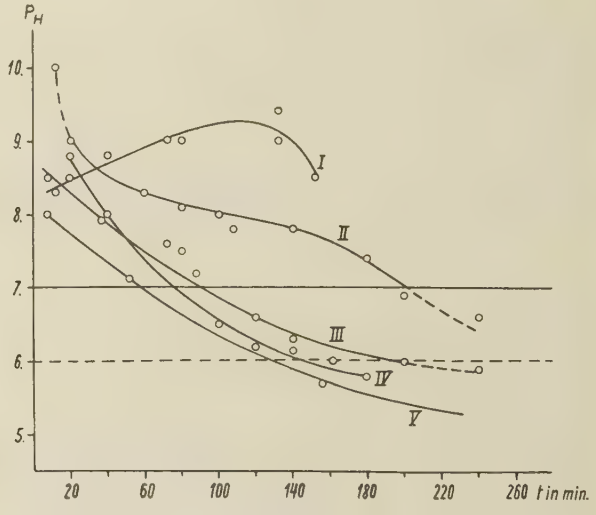


Abb. 2.

Hier sei nur noch erwähnt, daß wir eine Spezifität der Wirksamkeit der verschiedenen Eiweißfraktionen in den Diaphragmen nicht beobachten konnten. Andersartige Feststellungen führen wir in erster Reihe auf eine unzulängliche Berücksichtigung der verschiedenen eben aufgezählten Faktoren zurück. Abb. 2 zeigt das Ergebnis einiger Versuche anschaulich. Die Schaulinie *I* entspricht zum Beispiel einer Membran, die vorerst, rein qualitativ gesprochen, relativ reich an Protein war. Die Folge davon ist eine Überaktivierung der sehr stark positiven Membran, es kommt überhaupt nicht zu einer Säuerung, sondern im Gegenteil zu einer Alkalisierung während der gesamten Dauer der Elektrodialyse. Die Schaulinie *II* hat auf ein Diaphragma Bezug, dessen Oberfläche schon geringere Mengen an Protein enthält als *I*, daher fällt die Reaktion etwas stärker, ohne daß wir hingegen den isoelektrischen Punkt des Euglobulins (6,0) bereits erreichen. Die anderen Kurven *III*—*V* zeigen, daß die Steuerwirkung gegen eine Reaktionsverschiebung nach der sauren Richtung hin desto geringer wird, je weniger Eiweiß von der Membran aufgenommen wurde. Die Eigenschaften einer auf derartige Weise abgestimmten Membran lassen es zu, daß wir unverdünntes Serum in sehr kurzer Zeit bei jeder gewünschten Reaktion entsalzen und bis zu einem gewissen Grade fraktionieren können. Abb. 3 zeigt gegenübergestellt die Wirksamkeit einer Pulvermembran *II* aus unverändertem Vollblutserum bzw. einer Kollodiummembran *I*, deren Oberfläche das Gesamtprotein aus Nativserum

[1] H. Runge und H. Schmidt, ebenda *203*, 394 (1928).

[1] D. G. Hitchcock, J. gen. Physiol. *8*, 61 (1928).

enthält. Auf der Abszisse finden wir die spezifische Stromdichte in mA/cm², die auf der Membranoberfläche in der elektrodialytischen Zelle lastet. Bei der gleichen Stromdichte befindet sich das zu elektrodialysierende Serum bei einer sehr viel stärker sauren Reaktion bei der Pulvermembran als bei der anderen. Bei der Adsorptionsmembran *I* wird der p_H-Abfall in sehr wirksamer Weise gehemmt und verlangsamt, während diese Steuerwirkung bei der Pulvermembran *II* sehr viel geringfügiger ist.

Mit Hilfe der oben beschriebenen hochwirksamen Diaphragmen ist es gelungen, Serum auf vorsichtige Weise völlig zu entsalzen, ohne daß hierbei auch nur eine Spur Eiweiß ausfällt. Damit ist die Darstellung von

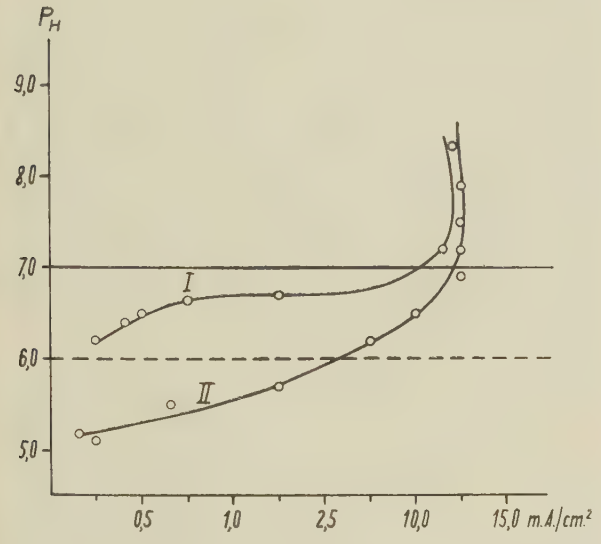


Abb. 3.

völlig elektrolytfreiem Vollserum möglich geworden. Ein derartig hergestelltes Präparat, äußerlich durch nichts von unverändertem Serum zu unterscheiden, bleibt auch bei wochenlangem Aufbewahren im Eisschrank unter sterilen Bedingungen vollkommen unverändert. Diese Erscheinung stellt weiterhin einen sinnfälligen Beweis dafür dar, daß die elektrodialytische Methode einen außerordentlich milden Eingriff darstellt.

Wir wollen an dieser Stelle nur ein kleines Anwendungsbeispiel von den vielen weiteren Untersuchungsmöglichkeiten an derartigen salzfreien Vollseren geben. Es gelingt, durch Versetzen von abgemessenen Proben eines elektrolytfreien Serums dieses mit 0,1n HCl gewissermaßen auf den isoelektrischen Punkt des Elektrodialyse/Euglobulins zu titrieren.

Tabelle I
Titration von salzfreiem Serum p_H = 8,5 mit 0,1n HCL

p_H	% Protein in Lösung	% ausgefallenes Protein	Opaleszenz
7,01	7,51	1	+
6,20	7,24	3,58	++
5,93	7,14	5,50	+++
5,40	7,13	5,20	+++
4,50	7,2	4,0	++

Tabelle I gibt eine entsprechende Übersicht. Wie in allen Fällen, wurde auch hier das p_H elektrometrisch mit der Glaselektrode nach dem Abzentrifugieren des Niederschlages gemessen und der Eiweißgehalt der Lösung gravimetrisch bestimmt. Man findet auf diese Weise, daß der isoelektrische Punkt des Euglobulins (um das Ausflocken dieses Eiweißkörpers wird es sich hier vor allem handeln) in der Gegend von p_H 6,0 liegen muß, was mit den Ergebnissen elektrophoretischer Bestimmungen am γ-Globulin in guter Übereinstimmung steht. Es dürfte sich erübrigen, weiter auszuführen, daß das Versetzen eines unveränderten Blutserums mit Säure niemals derartige Ergebnisse liefern kann[1].

Besondere Möglichkeiten bietet ein apparativ und methodisch abgewandeltes Elektrodialyseverfahren für eine weitergehende Unterfraktionierung der Serumproteine.

In diesem Zusammenhang sei auch darauf hingewiesen, daß man kürzlich mit besonderem Erfolg die Elektrodialyse zur Reinigung proteolysierter antitoxischer Heilsera herangezogen hat[2].

Tabelle II
Elektrophorese von nativem Rinderserum, Phosphatpuffer in physiologischer Kochsalzlösung p_H = 7,7
Temperatur = + 3° C

Versuchszeit Stunden	Wanderungsgeschwindigkeit cm/min	p_H Serum Versuchsabschluß	p_H Serum Versuchsbeginn	p_H Unterschied %	mA
20	$12 \cdot 10^{-4}$	8,0	8,3	3,6	4,0
20	$6{,}3 \cdot 10^{-3}$	7,6	8,1	6,3	8,0
25	$12 \cdot 10^{-4}$	7,7	8,1	5,0	4,0
48	$12 \cdot 10^{-4}$	7,8	8,3	6,0	4,0

Wie schwer es ist, das p_H konstant zu halten, sei schließlich noch durch ein Beispiel aus der Elektrophorese des Blutserums deutlich gemacht. Tab. II gibt Versuche in einem Mikrokataphoreseapparat wieder. Aus diesem konnten Proben des unverdünnten Serums aus dem Anoden- bzw. Kathodenraum mit Hilfe von langen Kapillarpipetten entnommen werden. Die elektrische Anordnung entspricht im Prinzip derjenigen von Tiselius[3]. Man sieht, daß schon bei so winzigen Stromstärken wie 4 mA eine deutliche Reaktionsverschiebung nach saurer Richtung hin um etwa eine halbe Zehnerpotenz im Laufe der Zeit auftritt. Hierbei ist es unwesentlich, ob die Probe aus dem Anoden- bzw. dem Kathodenschenkel entnommen wurde.

W. Beck

Kolloidchemisches Laboratorium der Gemeindeuniversität Amsterdam, den 10. Juli 1947.

Ich möchte nicht verfehlen, auch an dieser Stelle dem Direktor des obengenannten Instituts, Prof. Dr. E. H. Buchner, für die Förderung dieser Untersuchungen verbindlichst zu danken. Besonders danke ich auch Prof. Dr. Charlotte Ruys vom Gesundheitsamt der Stadt Amsterdam für das lebhafte Interesse, das sie diesen Arbeiten stets entgegengebracht hat.

Summary

The electrodialytic purification of blood serum was attempted with the aid of specially prepared protein membranes. We succeeded in completely removing the electrolytes from the serum at any desired p_H. The

[1] W. Beck, Biochem. Z. *156*, 471 (1925); derselbe, erscheint demnächst in: Ned. Tijdschr. v. Geneeskunde. — G. Ettisch und W. Beck, Biochem. Z. *171*, 443, *172*, 1 (1926); dieselben, in: Dtsch. med. Wschr. Nr. 47 (1925). Patente der Elektro-Osmose AG., Berlin.

[2] W. Modern und Ruff, Biochem. Z. *311*, 188, 196 (1942).

[3] A. Tiselius, Biochem. J. *31*, 1464 (1937).

blood serum was rendered quantitatively saltfree and any coagulation of proteins was avoided.

Under conditions of sterility these highly concentrated saltfree protein solutions show a remarkable stability.

The colloid-chemical and physiological significance of these results is discussed.

Nouvelle méthode de séparation des myosines α et β

L'électrophorèse de solutions de myosine préparée selon Greenstein et Edsall (myosine de Weber-Edsall) a révélé l'existence de trois composantes, les myosines α, β et γ de Dubuisson[1]. Elle a montré que la myosine α est turbide et que son pourcentage dépend fortement de l'état de repos ou de fatigue des muscles utilisés[1].

Une méthode de préparation des composantes α et β, par fractionnement au sulfate ammonique, a déjà été mise au point par Dubuisson[2] et a été également employée par Szent-Györgyi[3]. Les conditions de force ionique et de p_H utilisées pour le fractionnement varient toutefois d'un auteur à l'autre.

Nous avons personnellement observé qu'il est nécessaire d'abaisser le p_H d'une solution de myosine saturée à 27% en sulfate ammonique à 5,4—5,5 pour obtenir une précipitation complète de α[4]. Ces p_H étant généralement préjudiciables à l'intégrité des protéines, nous avons cherché d'autres méthodes de séparation basées sur les différences de solubilité en fonction du p_H et de la force ionique de ces protéines. Nous avons suivi l'insolubilisation de la myosine α par observation directe de la turbidité de nos solutions après centrifugation.

Si l'on recherche les p_H de précipitation de ces protéines dissoutes dans KCl 0,5 m, on trouve que, dans la zone de p_H 5,55—5,65, α précipite complètement, laissant une solution surnageante limpide, riche en protéines; au dessus de 5,70, on n'observe pas de séparation et en dessous de 5,50, la décantation de α est partielle[5]. On peut donc également scinder ces mélanges à de faibles forces ioniques. Toutefois, la zone de précipitation est trop étroite pour que ce procédé soit applicable au point de vue préparatif. Il présente de plus, en commun avec la méthode au sulfate ammonique, l'inconvénient de réaliser la séparation à des p_H relativement acides. Cette difficulté a pu être tournée dans la nouvelle méthode que nous proposons ci-après, grâce à l'insolubilité de la myosine α dans NaAc ou KAc 0,5 m aux p_H neutres. Le mode opératoire est le suivant:

La solution diluée de myosine dans l'acétate molaire à un p_H d'environ 7,2[6], est amenée au p_H 7,10 (lorsqu'il s'agit de solutions pauvres en myosine α, telles que les solutions de myosine de Weber-Edsall) ou 7,00 (solutions riches en myosine α: myosine B de Szent-Györgyi). On ajoute lentement, au moyen d'une burette, un même volume d'eau glacée en agitant mécaniquement la solution. La biréfringence disparaît complètement entre 0,6 et 0,5 m. La solution ainsi obtenue de p_H 7,50—7,60 (myosine de Weber-Edsall) ou 7,15—7,30 (myosine B) donne, après centrifugation, une solution surnageante, limpide, riche en β lorsqu'on part de myosine de Weber-Edsall. A des p_H moindres, α se sépare plus aisément en entraînant une plus forte proportion de β: la solution limpide de β contient 60 à 70% du mélange, lorsque le p_H final de précipitation est de 7,50—7,60, 40% environ lorsqu'il est de 7,00—6,50.

Un fractionnement meilleur encore peut être obtenu par dialyse de solutions de myosine 0,85 m en acétate et 0,05 m en phosphate de p_H 7,6 contre des solutions de même composition et p_H et de force ionique moindre. Dans ce cas, α ne se sépare complètement par centrifugation que lorsque la force ionique de la solution de dialyse est inférieure à 0,43 (0,3 m en acétate et 0,046 m en phosphate). Nous avons amené la force ionique de nos solutions à 0,40 et déterminé les concentrations en protéines de la solution contenant en suspension la myosine α et de la solution surnageante limpide obtenue après centrifugation. Quelques résultats ont été consignés dans le tableau ci-dessous:

Nature de la myosine	Teneur en protéines %		Teneur en α en %
	avant centrifugation	après centrifugation	
Myosine de Weber-Edsall, temps d'extraction: 1 h 30 min . . . . no 1	1,56 1,65	1,30 1,45	17 12
Myosine de Weber-Edsall, temps d'extraction: 1 h 30 min . . . . no 2	1,13	0,99	12,3
Myosine de Weber-Edsall, temps d'extraction: 20 min	1,34	1,2	10,4

Ces chiffres ne peuvent être comparés avec la valeur de 25% trouvée par électrophorèse (Dubuisson[1]), étant donné que les muscles utilisés au cours de nos expériences avaient été préalablement plongés dans l'eau glacée, et que Dubuisson a montré récemment[2] que dans ce cas on a affaire à des muscles stimulés et, par conséquent, livrant peu de myosine α. Les teneurs peu élevées obtenues montrent néanmoins que la coprécipitation est très faible dans ces conditions malgré les fortes concentrations en protéines auxquelles le fractionnement a lieu. La méthode semble donc susceptible d'être également utilisée pour le dosage de la myosine α dans différents extraits musculaires.

G. Hamoir

Laboratoire de biologie générale, Faculté des sciences, Université de Liège, le 3 septembre 1947.

[1] M. Dubuisson, Exper. *2*, 258 (1946).

[2] M. Dubuisson, Exper. *2*, 412 (1946).

[3] A. Szent-Györgyi, Muscular contraction. Acad. Press, N. Y., 1947.

[4] Sauf indication contraire, il s'agit de myosines préparées selon Greenstein et Edsall[7] mais avec un temps d'extraction de vingt minutes seulement.

[5] L'insolubilisation bien connue de la myosine d'Edsall dissoute dans KCl 0,5 m, en dessous du p_H 6 (Edsall[8]) ou 5,8 (Dubuisson[9]), correspond donc surtout à la précipitation de la composante α.

[6] La myosine à fractionner peut aussi être dissoute dans une solution 0,85 m en acétate et 0,05 m en phosphate, de façon à éviter les modifications de p_H par dilution.

[7] J. P. Greenstein et J. T. Edsall, J. biol. Chem. *123*, 397 (1940).

[8] J. T. Edsall, J. biol. Chem. *89*, 289 (1930).

[9] M. Dubuisson, Arch. intern. Physiol. *51*, 133 (1941).

[1] M. Dubuisson, Exper. *2*, 258 (1946).

[2] M. Dubuisson, Exper. *3*, 372 (1947)

Summary

Myosin α is insoluble in KAc or NaAc 0·5 m at neutral p_H values and can be easily separated from myosin β under these conditions. The yield in myosin β is 80 to 90% of the total protein content of our solutions (Weber-Edsall myosin solutions prepared after 20 minutes extraction).

Experimental Investigations of the Proliferative Activity of Erythroblasts in their Different Stages of Maturation

The estimation of the proliferative activity of bone marrow cells is commonly based on the mitotic index and on Fieschi's karyologic curve. These two elements have only a relative value. The former, in fact, is the result of two factors: the duration of the kinetic period and the duration of the medium interkinetic one. The latter does not only depend on the number of the cells entering into mitosis but also on the duration of each mitotic stage. We ought therefore to gain a more precise knowledge about the manner of reproduction of bone marrow cells; we are for instance at present unable to state whether the reproductive activity of leucæmic cells is higher than the reproductive activity of corresponding normal hæmopoietic cells.

In regard also to the erythroblasts of different stages of maturation, it is not yet established whether more basophilic or more polychromatophilic erythroblasts are reproduced. The small degree of reproductiveness of orthochromatic erythroblasts may, on the contrary, be assumed with considerable probability.

In order to reach a more exact estimation of the proliferative activity of bone marrow cells, it seemed justified to us to work out a method of investigation that is based upon the karyoclasic action of colchicine. It is known that this substance, in suitable concentrations, stops the mitotic process at the beginning of the metaphase (stathmokinesis). Thus, a progressive accumulation of mitotic divisions is formed in the examined tissue and it is to be presumed that the greater the number of these mitotic shapes is, the higher the reproduction must be. If it is so, it should be possible to estimate the proliferative activity of the tissue examined by the number of mitoses after the colchicinic check.

As to the techniques followed we refer to the publication *in extenso*. Here we shall merely mention that the observations were carried out on cultures of normal human bone marrow *in vitro*. The cultures were prepared in hanging drops with a medium composed of 1 cm^3 of human plasma, 0·4 cm^3 of chicken plasma (the plasmas were treated with Liquemine Roche), 0·4 cm^3 of embryonic extract, and 0·2 cm^3 of colchicine solution. The colchinine concentrations varied from 1:1 million to 1:40 millions. Control cultures were made in which the colchizine solution was replaced by 0·2 cm^3 of Tyrode. In the course of 36 hours, smears were made of the cultures every 2 hours. The preparations were stained with May-Grünwald-Giemsa and the following data were determined: (1) The total erythroblastic mitotic index, (2) the separate mitotic indices for basophilic, polychromatophilic and orthochromatic erythroblasts, (3) Pontoni's maturation curves.

The concentrations of 1:1 million appeared particularly suitable to the purpose, as they completely stop the evolution of all erythroblastic mitoses. With colchicine solutions in a greater dilution a certain percentage of mitoses on the contrary can evolve more or less slowly beyond the metaphase up to the accomplishment of the whole mitotic cycle.

The global mitotic index was, in the beginning, 12 to 20‰. In control cultures (without colchicine) the global mitotic coefficients are inferior to the initial values during the first hours, whilst the initial or slightly higher values are reached at about the 16th hour. In the cultures containing 1:1 million colchicine the mitotic index is lower during the first 4—6 hours. During the next hours it reaches progressively higher values, until it attains, within the 14th—20th hour, the highest values of 40—100‰. The lower values may be observed in those cultures where during the first 24 hours there is already a striking tendency of the erythroblasts to become mature. The highest values are reached in those cultures where such a phenomenon is not observed. We can therefore state that there is an antagonism between maturation and global reproductive activity.

Let us now examine erythroblasts in their single stages of maturation. As to orthochromatic erythroblasts, no mitosis is observed, except in rare cases. We can therefore state that orthochromatic erythroblasts may be reproduced as an exception; their mitotic reproduction has therefore no significant influence on the proliferative activity of the erythroblastic tissue as a whole.

With regard to the mitotic coefficient of basophilic and polychromatophilic erythroblasts, the former is generally at the beginning but slightly superior to the latter. In colchicine cultures with checking doses, the mitotic coefficient of basophilic erythroblasts within the 15th—20th hour usually shows values of which some amount to 200‰; this is observed as well when the transplanted marrow shows a striking maturative tendency as when, on the other hand, it remains indifferent. Polychromatophilic erythroblasts reach mitotic coefficients of about 45–90‰. Also in this case there is no significant difference between marrows showing a clear maturative tendency and marrows indifferent in this respect. *We can therefore state that the proliferative activity of basophilic erythroblasts is decidedly superior to that of the polychromatophilic erythroblasts: during cellular maturation the proliferative activity is then progressively prevented* (reduction of cells entering in mitosis and extension of the kinetic period). Moreover, the mitotic activity of the single reproductive cells (basophilic and polychromatophilic erythroblasts) does not show any variation in regard to the maturative activity. Therefore, if there is an antagonism between maturation and global proliferative activity, this appears only for the increased number of the erythroblasts of those stages which are unsuitable (or less suitable) for reproduction.

G. Astaldi, A. Allegri, and C. Mauri

Istituto di Clinica medica dell'Università di Pavia, September 15, 1947.

Zusammenfassung

Die Proliferationsintensität der Knochenmarkzellen ist noch nicht genau bekannt. Die Verfasser haben an menschlichen Knochenmarkkulturen die stathmokinetische Kolchizinmethode (Dustin) angewendet. Hiermit sollte ein Test für die Proliferationsaktivität der Markzellen gefunden werden.

Nach Kolchizinblockade zeigt sich ein Erythroblasten/Mitosen-Index von 40–100%. Dieser Index ist als Vergleichswert für die Erythroblasten-Proliferationsintensität in pathologischen Zuständen zu benutzen. Versuche in dieser Richtung sind im Gang.

Die basophilen Erythroblasten vermehren sich viel stärker als die polychromatophilen. (Der Mitosenindex beträgt 200% gegenüber 45–90%.) Die orthochromatischen Erythroblasten zeigen fast keine Mitosen.

Restitution of the Reduced Heat Tolerance of Thyroidectomized Animals with Thermothyrine

In previous papers[1,2] it could be shown that the heat tolerance of thyroidectomized animals—just as that of animals fed with methylthiouracil[1,3]—is reduced. The body temperature of thyroidectomized guinea pigs, when placed in a thermostat at 34–35 °C, rises more quickly and higher than that of normal controls. The quantitative measurement of the heat tolerance was carried out with the help of "time-temperature-areas", that is the area inclosed in a co-ordinate system by the hyperthermic body temperature curve and the horizontal axis measured planimetrically and expressed in mm².

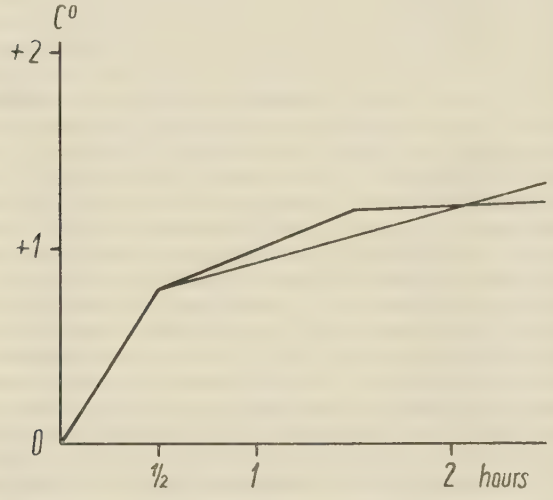


Fig. 1.

The size of this area depends on the degree of elevation of body temperature and the duration of hyperthermia, i.e. both factors characterizing heat tolerance. Time-temperature areas of thyroidectomized overheated animals are significantly greater than those of the controls, i.e. their heat tolerance is diminished. The fact that administration of thyroxine does not improve the disturbed heat tolerance in thyroidectomized guinea pigs (on the contrary: the height and duration of the rise of body temperature increase still further) suggested that lack of thermothyrine A ("cooling hormone" of the thyroid) must be the cause of this phenomenon. (Thermothyrine A, as Mansfeld[4] demonstrated, is a thyroxine-antagonistic hormone of the thyroid gland. It is poured out when danger of hyperthermia arises and is able to decrease the O_2-consumption and heat production of the organism below the level of basal metabolism.)

In the experiments reported in the following I tried to correct the failure of heat tolerance of thyroidectomized animals by administering thermothyrine. I did not use crystallized thermothyrine[1], but a fraction of the hydrolysed thyroid gland free of thyroxine but containing both thermothyrines A and B, called "thermothyrine total". (This preparation was produced and placed at my disposal by Mrs. A. Mansfeld-Oppenheim. I should like to express in this place also my best thanks for her kindness.) 1 cm³ of the solution corresponded to 5 g thyroid gland.

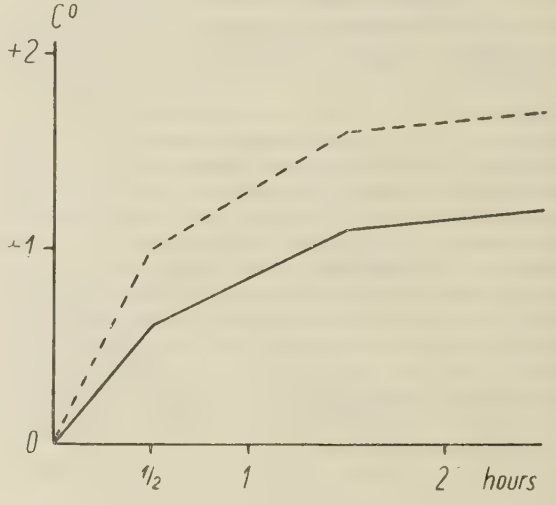


Fig. 2.

Pairs of guinea pigs (of the same sex and of equal weight) were chosen in preliminary experiments, which, when placed in a thermostat at 34–35 °C, have shown equal time-temperature areas, i.e. equal heat tolerance. (Fig. 1 shows an example of the body temperature curves and time-temperature areas of two paired guinea pigs in a two-and-a-half-hours experiment.) Afterwards, one animal of each pair was thyroidectomized. Overheating experiments 6–14 days after the operation in an environment of 34–35 °C proved that the heat tolerance of the thyroidectomized animals deteriorated. (Fig. 2 shows an example: the body temperature of the

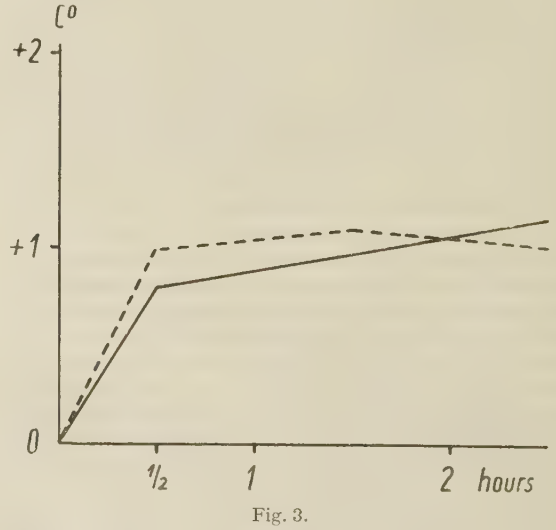


Fig. 3.

[1] B. Berde, Exper. *2*, 498 (1946).
[2] B. Berde, Hungarica Acta Physiologica *1*, 52 (1947).
[3] B. Berde, Nature *159*, 748 (1947); Hungarica Acta Physiologica *1*, 62 (1947); Exper. *3*, 245 (1947).
[4] G. Mansfeld, Die Hormone der Schilddrüse und ihre Wirkungen. B. Schwabe, Basel 1943.

[1] A. Mansfeld, Nature *157*, 491 (1946); Schweiz. med. Wschr. *76*, 439 (1946).

thyroidectomized guinea pig [dotted line] rises higher than that of the control [continuous line].)

After this 1 to 3 cm^3 "thermothyrine total" solution was injected subcutaneously into the thyroidectomized animals three hours before the overheating experiments (8 experiments). A restitution of heat tolerance could be observed. There was no longer any significant difference between the time-temperature areas of the normal and the thyroidectomized paired guinea pigs.

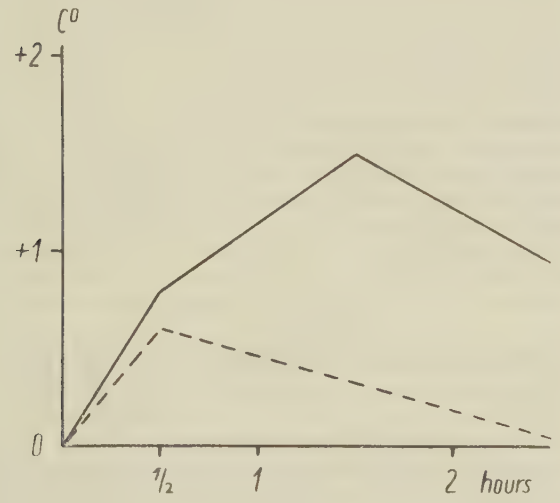


Fig. 4.

The behavior of the body temperature curve of the thyroidectomized animal receiving thermothyrine was nearly the same as that of the normal control. (Fig. 3 shows an example.) In some cases even an "overcompensation" was obtained; the thermothyrine-treated animals were less sensitive to overheating than the controls: their time-temperature areas were significantly smaller than those of the normals. (Fig. 4 shows an example.)

These experiments show that *the reduced heat tolerance of thyroidectomized animals, which*—as reported in earlier papers—*cannot be corrected with thyroxine, can be improved by administration of thermothyrine.*

Full details of this work will be published in the Hungarica Acta Physiologica.

B. Berde

Institute of Physiology, University of Budapest, June 25, 1947.

Zusammenfassung

In früheren Arbeiten wurde über die herabgesetzte Wärmetoleranz schilddrüsenloser Tiere berichtet. Werden solche operierten Tiere in einen Thermostaten von 34–35° C gebracht, so steigt ihre Körpertemperatur schneller und höher als die der normalen Kontrolltiere. Diese, nach der Entfernung der Schilddrüse auftretende, gestörte Wärmetoleranz konnte nicht mit Thyroxin gebessert werden. Sie wurde deshalb als eine Ausfallerscheinung des thyroxinantagonistischen Schilddrüsenhormons, des Thermothyrins A („Kühlhormon" Mansfelds) aufgefaßt. Dieses wird – wie bekannt – von der Thyreoidea ausgeschüttet, wenn der Organismus in die Gefahr einer Überhitzung gerät. Es vermag den Gesamtstoffwechsel (die Wärmebildung) im Interesse der Wärmeregulation herabzusetzen.

In den beschriebenen Versuchen konnte der Beweis erbracht werden, daß die herabgesetzte Wärmetoleranz schilddrüsenloser Tiere mit der Verabreichung von Thermothyrin gebessert, bzw. wiederhergestellt wird. Manchmal kann sie sogar über die der normalen Kontrolltiere gesteigert werden.

Le rein intervient-il dans l'homéostasie de la pression artérielle?

Partant des expériences fondamentales de Goldblatt, Lynch, Hanzal et Summerville[1], qui ont mis en évidence les effets hypertenseurs de l'ischémie rénale, plusieurs auteurs, et spécialement Houssay et ses collaborateurs de Buénos-Ayres, ainsi que Page et son école de Indianapolis, ont étudié la production de substances hypertensives par le rein ischémié[2]. Ces recherches ont permis de constater que, dans le rein ischémié, il y a production d'une substance, que l'on a appelée «rénine», et qui, mise en contact avec une globuline du sang (l'«hypertensinogène» de Houssay ou «renin activator» (renin substrate, α-2-globulin[3] de Page), produit une substance vasoconstrictrice, appelée «hypertensine» (Houssay) ou «angiotonine» (Page), substance qui elle-même peut être détruite par l'hypertensinase.

Depuis quelques années, certains auteurs[4] admettent que cette substance vasoconstrictrice serait non seulement sécrétée dans des circonstances pathologiques d'ischémie rénale s'accompagnant d'hypertension, mais interviendrait également, dans une certaine mesure, dans l'homéostasie de la pression artérielle. Ces auteurs tendent à admettre que le rein fonctionne comme une véritable glande à sécrétion interne. Ceci n'a pu être confirmé par d'autres auteurs[5].

S'il est vrai que le rein intervient dans l'homéostasie de la pression artérielle, et qu'une modification dans la production de rénine ou d'angiotonine (hypertensine) possède une signification réelle au point de vue physiologique dans l'organisme, on pourrait s'attendre à la présence de propriétés vasoconstrictrices dans le sang veineux rénal lors de la mise en jeu des réflexes sinocarotidiens par l'occlusion des artères carotides communes, ou par l'hypotension provoquée par une saignée massive. Remarquons à ce propos que Grimson, Bouckaert et Heymans[6] ont déjà observé que, chez le chien complètement sympathectomisé à l'exception de ses reins et de ses surrénales, et ayant subi en outre la section de ses nerfs frénateurs cardio-aortiques et sinocarotidiens, on observe une hypertension nette, qui dis-

[1] H. Goldblatt, J. Lynch, R. F. Hanzal et W. W. Summerville, J. exp. Med. *59*, 347 (1934).

[2] I. H. Page et A. C. Corcoran, Advances int. Med. *1*, 183 (1942). – E. Braun-Menéndez, J. C. Fasciolo, L. F. Leloir, J. M. Muñoz et A. C. Taquini, Renal Hypertension. Ch. C. Thomas, Publisher, Springfield, Ill., 1946.

[3] I. H. Page, O. M. Helmer, A. A. Plentl, K. G. Kohlstaedt et A. Corcoran, Science *98*, 153 (1943).

[4] A. S. Hamilton et D. A. Collins, Am. J. Physiol. *136*, 275 (1942). – F. Huidobro et E. Braun-Menéndez, Am. J. Physiol. *137*, 47 (1942). – A. T. Cameron, Recent Advances in Endocrinology, p. 400, Churchill Ed., London 1945. – L. A. Sapirstein, E. Ogden et F. D. Southard, Proc. Soc. exp. Biol. Med. *48*, 505 (1941). L. Dexter, H. A. Frank, F. W. Haynes et M. D. Altschule, J. clin. Invest. *22*, 847 (1943). – D. A. Collins, A. S. Hamilton, M. C. Collins et A. Sokalchuk, Am. J. Physiol. *140*, 499 (1944). – H. T. Bahnson, Am. J. Physiol. *140*, 416 (1944).

[5] G. E. Wakerlin et G. R. Chobot, Proc. Soc. exp. Biol. Med. *40*, 331 (1939). – R. M. House et G. E. Wakerlin, Proc. Soc. exp. Biol. Med. *48*, 513 (1941).

[6] K. S. Grimson, J. J. Bouckaert et C. Heymans, Proc. Soc. exp. Biol. Med. *42*, 225 (1939).

paraît après énervation des reins. Ces observations semblent indiquer que chez l'animal ayant subi, depuis un certain temps, l'énervation de ses zones vasosensibles artérielles, la vasoconstriction rénale, produite en conséquence, déterminerait une formation exagérée d'angiotonine ou hypertensine, qui serait la cause de l'hypertension observée.

Dans nos expériences, nous avons voulu examiner si l'hypotension intra-sinocarotidienne et la saignée s'accompagnent de la production d'une substance hypertensive par le rein. Dans ce but nous nous sommes servi de la technique d'anastomose de la veine rénale gauche avec la veine fémorale, que nous avons décrite antérieurement en collaboration avec J. J. Bouckaert[1]. Pour l'examen des propriétés vasoconstrictrices des échantillons de sang prélevés, nous avons fait usage de la technique de perfusion de l'oreille du lapin d'après Krawkow-Bissemski[2], modifiée par Gaddum et Kwiatkowski[3].

Parmi nos expériences, qui ont toutes été exécutées chez le chien, nous en avons retenu six, qui ne semblent pas être sujettes à critique au point de vue technique. Les animaux pesaient de 12 à 24 kg. Sur chaque animal nous avons procédé à l'occlusion des artères carotides communes et provoqué en outre une hypotension par saignée. Les propriétés vasoconstrictrices ont été vérifiées chaque fois sur les deux oreilles d'une même préparation d'oreille de lapin.

Dans chaque expérience nous avons adopté l'ordre suivant: le sang veineux rénal est prélevé avant l'occlusion des carotides, ensuite trois à cinq minutes après cette occlusion, et enfin une demi-heure environ après l'occlusion de ces artères. Nous avons procédé de la même façon pour les saignées: le sang veineux rénal était prélevé avant une saignée massive, qui abaissait généralement la pression artérielle du chien à environ 50 mm de mercure: un nouveau prélèvement était fait trois à cinq minutes après la saignée, et enfin un dernier échantillon était pris après une demi-heure ou une heure.

Au cours de nos premières expériences, les propriétés vasoconstrictrices du sang veineux rénal étaient examinées immédiatement après les prélèvements. Etant donné que la rénine est considérée comme une enzyme[4], nous avons, par après, laissé incuber le sang prélevé pendant dix minutes à 37°. Chaque fois, 4 cm^3 de sang veineux rénal étaient additionnés de 4 cm^3 de sang veineux fémoral avec 2 cm^3 d'une solution de citrate de soude à 4% comme anticoagulant. De ce mélange, 0,1 à 0,2 cm^3 étaient injectés dans la préparation de l'oreille de lapin.

Nos dernières expériences ont été faites avec une préparation d'oreille de lapin perfusée avec une solution de Ringer contenant 50% de plasma, afin de favoriser pour autant que possible la production d'angiotonine ou hypertensine aux dépens de globulines du plasma.

Dans ces conditions expérimentales, qui nous permettaient d'éviter dans une large mesure les influences pouvant interférer avec le fonctionnement normal de l'organisme, il ne nous a pas été possible de démontrer la présence d'une substance vasoconstrictrice dans le sang veineux rénal, au cours de l'hémorragie ou par la mise en jeu des réflexes sino carotidiens par occlusion des carotides communes.

Résumé. Alors que des propriétés vasoconstrictrices du sang veineux rénal ont été mises en évidence d'une manière extrêmement nette dans l'ischémie rénale, nous n'avons pu en démontrer l'existence en expérience aiguë, lors de la mise en jeu des réflexes sino carotidiens par occlusion des carotides communes ou après saignée.

B. De Landsheere

Laboratoire de pathologie générale de l'Université de Gand (Belgique).

Summary

Although vasoconstrictor properties have been clearly demonstrated in the venous renal blood after renal ischemia, we have not been able to detect such properties after hypotension in the carotid sinuses or after bleeding in the dog.

[1] J. J. Bouckaert et B. De Landsheere, Exper. *3*, 117 (1947).

[2] W. Rischbieter, Z. ges. exp. Med. *1*, 355 (1913).

[3] J. H. Gaddum et H. Kwiatkowski, J. Physiol. *94*, 87 (1938).

[4] I. H. Page et A. C. Corcoran, Advances int. Med. *1*, 183 (1942). – E. Braun-Menéndez, J. C. Fasciolo, L. F. Leloir, J. M. Muñoz et A. C. Taquini, Renal Hypertension. Ch. C. Thomas, Publisher, Springfield, Ill., 1946. – J. M. Muñoz, E. Braun-Menéndez, J. C. Fasciolo et F. L. Leloir, Am. J. med. Sci. *200*, 608 (1940). – A. A. Plentl et I. H. Page, J. biol. Chem. *147*, 135 (1943).

PRO LABORATORIO

Simultaneous Determination of Sodium, NPN, and Protein in 0·2 ml of Blood Serum

In the course of a series of analyses, in which we had to determine the above constituents in the blood serum of the rat, we had very small quantities of serum available. So we were obliged to transform the existing methods in order to be able to carry on our investigations. We succeeded in reducing the amount necessary for the three determinations to 0·2 ml. The method to be described has shown so many advantages over the usual semimicrodeterminations that we adapted it as a routine procedure for human material also.

In a small, conical centrifuge tube measure exactly 0·8 ml of dist. water, add 0·2 ml of serum with a calibrated micro pipette, The 0·2 ml of serum is completely washed out of the pipette by repeated sucking and blowing of the fluid. Then add drop by drop 1 ml of 20 p. c. trichloroacetic acid, mix thoroughly and let stand for about 15 minutes. Centrifuge. Put 0·25 ml of the supernatant fluid into a test tube; put 0·25 ml into another centrifuge tube, remove the remnant of the supernatant fluid by suction, add to the residual protein about 0·5 ml of water and 0·2 ml of 20 p. c. NaOH. Boil on a water bath until all the protein is dissolved, than wash over into a Kjeldahl beaker of about 50 ml capacity.

Determination of sodium. To the 0·25 ml measured into the centrifuge tube add 0,75 ml of 96 p. c. alcohol and 1 ml of the alcoholic uranyl zinc acetate reagent, prepared according to the prescriptions of McCance and Shipp[1]. The contents are mixed and kept in the icebox overnight; they are then centrifuged for 15 minutes. The supernatant fluid is decanted, the tube allowde to drain on a filter paper for 10 minutes and the lpi wiped dry with a strip of filter paper; 5 ml of alcohol (96 p. c.), saturated with sodium zinc uranyl acetate, are added by a pipette so as to stir up the precipitate. Centrifuge for 15 minutes, drain as before. The precipitate is then dissolved in some ml of 0·5 p. c. acetic acid, washed over into a test tube marked at 20 ml, and filled up to the mark with the 0·5 p. c. acetic acid. Add 0·5 ml of 20 p. c. potassium ferrocyanide. After waiting for 5 minutes, the coloured fluid is put into the 5-mm cup of the Pulfrich photometer and the ex-

[1] R. A. McCance and H. Shipp, Biochem. J. *25*, 449 (1931).

tinction read with filter S 50, with water on the opposite side. Blank determinations must be carried out with each series of determinations. The extinction multiplied with 360 gives the sodium content of the serum in mg p. c., or multiplied with 156, in maeq./liter. (The method is essentially identical with the modified method of KING[1] from the procedure of NOYONS[2].)

Determination of NPN. To the 0·25 ml placed in the test tube add 0·2 ml 25 p. c. v/v-sulfuric acid, add 2 drops of a hydrogen peroxyde solution and digest on a small flame until the white fumes of the sulfuric acid appear. Digest some 15 minutes more on a small flame, let it cool down, add 5 ml of a 1·6 p. c. NaOH solution, mix thoroughly, add 0·25 ml of the modified Nessler solution (CLEGHORN and JENDRASSIK[3]) and determine the extinction in a 10-mm cup in the Pulfrich photometer with filter S 43. Although proportionality is not perfect, the extinction multiplied with the factors given in the table will give the NPN content of the serum in mg p. c. with satisfactory accuracy. Blank determinations should be carried out with each series of determinations. (For details see original paper of CLEGHORN and JENDRASSIK, 1934.)

Determination of protein. To the dissolved protein in the Kjeldahl beaker add 2 ml of digestion mixture (25 p. c. v/v-sulfuric acid with 2·5 p. c. potassium sulfate), digest on a small flame until water evaporates, add some drops of hydrogen peroxyde solution, and digest further until the liquid becomes as clear as water. Having removed it from the flame, let it cool down, add 19·5 ml of water, mix well, take 0·5 ml of the solution, put it in a test tube marked at 10 ml, add 0·30 ml 20 p. c. NaOH, fill up to mark, mix well, add 0·5 ml of modified Nessler reagent and read the extinction in the Pulfrich photometer, as described in the NPN determination. The extinction multiplied with factors given in the table, will give the protein content of the serum in g p. c.

Extinction 10 mm cup Filter S43	Factor for	
	NPN mg p.c.	Protein g p.c.
0 –0·50	110	6,9
0·51–0·75	112	7·0
0·76–1,00	114	7·1
1·01–1·25	116	7·25
1·26–1·50	118	7·4
1·51–1·75	120	7,5
1·76–2·00	122	7·6

This procedure has been used during the last two years in our laboratory and the values obtained are in good accordance with the average values of the literature.

P. BÁLINT and H. B. KABDEBÓ

Medical Clinic of the Erzsébet University of Pécs. October 1. 1947.

Zusammenfassung

Es wird eine stufenphotometrische Methode beschrieben, welche es ermöglicht, in 0,2 cm³ Blutserum bzw. -plasma Natrium, Reststickstoff und Gesamteiweiß nebeneinander zu bestimmen.

[1] E. J. KING, Micro-Analysis in Medical Biochemistry. Ed. Churchill, London 1946.
[2] E. C. NOYONS, Pharm. Weekbl. *76*, 307 (1939).
[3] R. A. CLEGHORN and L. JENDRASSIK, Biochem. Z. *274*, 189 (1934).

Nouveaux livres - Buchbesprechungen - Recensioni - Reviews

Waves

A Mathematical Account of the Common Types of Wave Motion

By C. A. COULSON. 156 pp., 29 Fig. 3rd Ed.

(Oliver Boyd, Edinburgh and London, 1944) (5*s*)

Probleme über die Ausbreitung von Wellen treten in den verschiedensten Gebieten der Wissenschaft und der Technik in Erscheinung. Meistens werden solche Fragestellungen nur in ihrem engeren Zusammenhang behandelt. Dadurch leidet die Übersicht. Ein Büchlein wie das vorliegende, in welchem mit verhältnismäßig elementaren Mitteln möglichst verschiedenartige Wellenbewegungen erfaßt werden, entspricht deshalb einem Bedürfnis. Die sich gleichbleibenden Methoden der mathematischen Behandlung bilden die organische Verbindung zwischen den einzelnen diskutierten Gebieten, wie: Schwingungen von Saiten, Membranen und Stäben, Flüssigkeits- und Schallwellen sowie elektromagnetische Wellen.

Eine aufmerksame Durcharbeitung der Übungsaufgaben ist jedem Leser zu empfehlen, der zu einer sicheren Beherrschung des Stoffes vorzudringen wünscht.

E. BALDINGER

Radioactivity and Nuclear Physics

By JAMES M. CORK. 313 pp.

(Macmillan & Co. Ltd., London. – D. Van Nostrand Co., New York, 1947) (22/– net. – $4.00)

In Anbetracht der dominierenden Rolle, welche die Kernphysik heute in den physikalischen Laboratorien spielt, darf dieses elementare Lehrbuch zur Radioaktivität und Kernphysik mit dem Interesse einer großen Leserschar rechnen. Es behandelt in sehr ansprechender Weise die Entdeckungen und Methoden der Kernphysik, von ihrem geschichtlichen Ursprung an bis zum Stande anfangs des Jahres 1947, eingeschlossen je ein Kapitel über kosmische Strahlung, Kernspaltung und Anwendungen. Die einzelnen Abschnitte sind im Gegensatz zur europäischen Lehrbuchpraxis in sehr wertvoller Weise mit Hinweisen auf die Originalarbeiten versehen, auch sind ihnen «Problems and Questions» beigegeben. Das Buch enthält ferner nützliche Tabellen über Konstanten, welche der Kernphysiker fortgesetzt benötigt. Darin mag beanstandet werden, daß stabilen Isotopen Halbwertszeiten zugeordnet sind (z. B. In (113) 105 Minuten), ohne daß im Buche von Isomerie die Rede ist. Die Pro-

bleme der Kernstruktur und damit die Theorie der Atomkerne werden nicht behandelt. «Purely imaginary sketches» wie die Abbildungen der Ansicht und der Details der «Pile» bilden eine Neuerung in der wissenschaftlichen Literatur. Inhalt und Ausstattung wie auch der Preis machen das Corksche Buch zu einem wertvollen Hilfsmittel für den Studenten der Physik.

E. Miescher

Ouvrages reçus - Eingegangene Bücher
Libri pervenutici - Books Received

Praktische Mathematik, von A. Heß (Rascher-Verlag, Zürich 1947) (Fr. 8.90).

Mathematik, Logik und Erfahrung, von V. Kraft (Springer-Verlag, Wien 1947) (S 18.—, sFr. 10.—).

Formules mathématiques, par E. Wendling (Editions Novos S.A., Lausanne 1947) (Fr. 7.50).

Sur les bases du groupe symétrique, par S. Piccard (Librairie Vuibert, Paris 1946) (sFr. 12.—).

L'évolution de la notion du phénomène physique des primitifs à Bohr et Louis de Broglie, par J. Pelsener (Office des Cours du Cercle des Sciences, Bruxelles 1947) (Fr. belg. 110.—).

Visible Speech, by R. K. Potter, G. A. Kopp, and H. C. Green (Macmillan & Co. Ltd., London, D. Van Nostrand Co., New York, 1947) (25/–, $4.75).

Sound, A Physical Text-Book, by E. G. Richardson (Edward Arnold & Co., London, 4th Edition, 1947) (18/–).

La structure physique des alliages, par C. E. Beynon, traduit de l'anglais par S. Veil (Dunod, Paris 1947) (106 p.).

Einführung in die Elektrotechnik, von E. Dünner (Rascher-Verlag, Zürich 1947) (Fr. 36.—).

Dissociation Energies and Spectra of Diatomic Molecules, by A.G. Gaydon (Chapman & Hall Ltd., London, 1947) (25/–).

Radio-Technik, Theorie und Praxis, von J. Dürrwang (Wepf & Co., Basel 1947) (Fr. 12.—).

Micro-Diffusion Analysis and Volumetric Error, by E. J. Conway (Crosby Lockwood & Son Ltd., London 1947) (21/–).

Kalendermäßige Bindungen des Wetterablaufes in Luzern, von L. Fischer (Beilage zum Jahresbericht der kantonalen höheren Lehranstalten, Luzern 1946).

Unit Processes in Organic Synthesis, by P. H. Groggins (Mc Graw-Hill Publishing Co. Ltd., London 1947, New 3rd Edition, 1947) (37/6).

Actualités Biochimiques, No. 10, Aspects actuels de l'enzymologie, un symposium dans le cadre du VII^{e} Congrès de Chimie Biologique à Liège, 1946 (146 p.);

Un symposium sur les protéines, tenu dans le cadre du VII^{e} Congrès de Chimie Biologique à Liège, 1946 (283 p.), publiés sous la direction de M. Florkin (Editions Desoer, Liège, Masson & Cie., Paris 1947).

Radioactive Tracers in Biology, by M. D. Kamen (Academic Press, Inc., New York, 1947) ($5.80).

Fundamentals of Immunology, by W. C. Boyd (Interscience Publishers, Inc., New York, 2nd Edition, 1947) ($6.00).

The Physiology of Man in the Desert, by E. F. Adolph (Interscience Publishers, Inc., New York, 1947) ($6.50).

Die Immunitätsforschung, Ergebnisse und Probleme in Einzeldarstellungen, von R. Doerr, Bd. I, Antikörper, 1. Teil (sFr. 24.—), Bd. II, Das Komplement (sFr. 7.50) (Springer-Verlag, Wien 1947).

Pharmakologie, als theoretische Grundlage einer rationellen Pharmakotherapie, von K. O. Møller (Benno Schwabe & Co., Basel 1947) (Fr. 48.—).

Farmacologia e Farmacoterapia, di E. Adami (Istituto editoriale Cisalpino, III^{a} edizione riveduta ed ampliata, 1947) (L. 2,600).

The Chemical Kinetics of the Bacterial Cell, by C. N. Hinshelwood (Clarendon Press, Oxford, 1946) (284 p., 79 fig.).

Curare, its History, Nature, and Clinical Use, by A. R. MdIntyre (The University of Chicago Press, Chicago, 1947) ($5.00).

Makromolekulare Chemie und Biologie, von H. Staudinger (Wepf & Co., Basel 1947) (Fr. 18.—).

The Integrative Action of the Nervous System, by C. Sherrington (Cambridge University Press 1947) (25/–).

Rheumatism and Soft Tissue Injuries, by J. Cyriax (Hamis Hamilton Medical Books, London, 1947) (42*s*).

Volumetric Analysis, Vol. II, Titration Methods, by I. M. Kolthoff and V. A. Stenger (Interscience Publishers, Inc., New York, 1947) ($6.00).

The Chemical Constitution of Natural Fats, by T. P. Hilditch (Chapman & Hall Ltd., 2nd Revised Edition, 1947) (45/–).

Coloranti Organici (C. V. Gheorghiu) (Revista Ştiintifica «V. Adamachi», Iaşi 1947) (588 p.).

The Terpenes, by J. L. Simonsen, 2nd Edition, Revised and Reset, Vol. I, The Simpler Acyclic and Monocyclic Terpenes and their Derivatives (Cambridge University Press, 1947) (30/–).

Fabric Reinforced Plastics, by W. J. Brown, (Cleaver-Hume Press Ltd., London, 1947) (7*s* 6*d*).

Cellulose Plastics, by D. N. Buttrey (Cleaver-Hume Press Ltd., London, 1947) (7*s* 6*d*).

Phenoplasts, their Structure, Properties and Chemical Technology (High Polymers, Vol. VII) (Interscience Publishers, Inc., New York, 1947) ($5.50).

Characterisation of Organic Compounds, by F. Wild (Cambridge University Press, 1947) (18/–).

An Introduction to Crystallography, by F. C. Phillips (Longmans, Green & Co., London, New York, Toronto, 1947) (25/–).

Outlines of Palæontology, by H. H. Swinnerton (Edward Arnold & Co., London, 3rd Edition, 1947) (393 p., 368 fig.).

Grundriß der Botanik, von W. Rytz (Ernst Reinhardt Verlag AG., Basel 1947) (Fr. 6.20).

The Royal Botanical Expedition to New Spain, by H. W. Rickett (Chronica Botanica Co., Waltham, Mass., 1947) ($2.50).

Entomologisches Praktikum, von O. Schneider-Orelli (Verlag H. R. Sauerländer & Co., Aarau, 2. erw. Aufl. 1947) (Fr. 10.—).

Animali e Uomo, visti da uno psicologo, di G. Zunini (Società editrice «Vita e Pensiero», Milano 1947) (L. 300).

The Design of Experiments, by R. A. Fisher (Oliver and Boyd, Edinburgh and London, 4th Edition, 1947) (240 p.).

Grundlagen der Werkstoffchemie, von E. Brandenberger (Rascher-Verlag Zürich, 1947) (Fr. 21.—).

Fundamentals of Photography, by P. E. Boucher (Macmillan & Co. Ltd., London, D.Van Nostrand Co., New York, 1947) (22/6, $4.00).

Weapons of World War II, by G. M. Barnes (Macmillan & Co. Ltd., London, D. Van Nostrand Co., New York, 1947) (42/–, $4.50).

NOVA

Revues - Zeitschriften - Riviste - Journals

Sélection

Sélection des travaux médicaux et scientifiques de langue française.

Revue paraissant 10 fois par an, éditée par F. Roth & Cie, Lausanne, et Masson & Cie, Paris, sous la direction de MM. les Professeurs Binet, Courrier, Hauduroy, Fabre, Mondor, Pasteur-Vallery-Radot, Roussy et Trefouel.

Research

A Journal of Science and its Applications

Scientific Advisory Board: J. Anderson, W. Akers, C. Darwin, A. Egerton, A. Fleming, R. S. Hutton, E. Salisbury. Joint Editors: P. Rosbaud, D. R. Rexworthy.

Butterworths Scientific Publications Ltd., London.

Behaviour

An International Journal of Comparative Ethology.

Edited by H. Hediger, Basle, W. H. Thorpe, Cambridge, P. Palmgren, Helsingfors, N. Tinbergen, Leiden.

E. J. Brill, Leiden, 1947.

Informations - Informationen - Informazioni - Notes

AUXILIA

Fritz-Hoffmann-La-Roche-Stiftung zur Förderung wissenschaftlicher Arbeitsgemeinschaften in der Schweiz

Vom Gedanken ausgehend, daß in der heutigen Zeit auch die naturwissenschaftliche Forschung bis zu einem gewissen Grade organisiert werden muß, wenn sie innert nützlicher Frist bedeutende Forschungsziele erreichen soll, und in der Absicht, der schweizerischen Forschung in diesem Sinne zu helfen, hat die Firma *F. Hoffmann-La Roche & Co. AG., Basel,* im Anschluß an das Jubiläum ihres 50jährigen Bestehens eine Stiftung im Betrage von zwei Millionen Franken errichtet.

Diese Stiftung ist nach dem Namen des Firmengründers Fritz Hoffmann-La Roche benannt und bezweckt die Unterstützung wissenschaftlicher Arbeitsgemeinschaften von Forschern, welche an schweizerischen Hochschulen oder anderen schweizerischen Instituten arbeiten. Die Stiftung stellt Mittel zur Verfügung, um ein naturwissenschaftliches oder medizinisches Problem gleichzeitig von verschiedenen Seiten angreifen und gemeinsam lösen zu können.

Die Leistungen der Stiftung sollen aus Geldbeiträgen bestehen:

zur Bezahlung von Mitarbeitern, Assistenten und Hilfspersonal;

zur Anschaffung von Apparaten, Einrichtungen, Chemikalien und Literatur, welche für den subventionierten Forschungszweck nötig sind;

an Reisen, welche der Förderung des Forschungszweckes oder dem Meinungsaustausch zwischen den Mitgliedern der Arbeitsgemeinschaft dienen;

an Publikationen über erzielte Forschungsergebnisse.

Voraussetzung für eine Leistung der Stiftung ist das Bestehen einer Arbeitsgemeinschaft von mindestens zwei in der Schweiz arbeitenden Forschern, welche sich zur gemeinsamen Bearbeitung eines bestimmten wissenschaftlichen Problems zusammengefunden haben und dessen Lösung durch Kombination ihrer Anstrengungen und Kenntnisse suchen wollen.

Die Stiftung wird von einem vierköpfigen Vorstand geleitet, der zur Zeit aus den Herren Prof. Dr. P. Karrer, Zürich (Präsident), Prof. Dr. P. Niggli, Zürich, Dr. E. C. Barell, Basel, und Dr. R. C. Vetter, Basel, besteht. Gesuche um Stiftungsleistungen sind an den Präsidenten zu richten.

PRO LABORATORIIS

Bureau International des Etalons Physico-Chimiques

A la demande de l'«Unesco» et d'accord avec l'Union Internationale de Chimie, le Bureau International des Etalons Physico-Chimiques de Bruxelles a accepté la tâche de constituer une collection de produits chimiques purs de toute nature (métaux, alliages, produits minéraux et organiques, plastiques, substances d'intérêt biologique, etc.) dans le but de mettre de petites quantités de ces échantillons à la disposition des laboratoires et des chercheurs isolés de tous les pays, pour leur permettre de contrôler la nature ou la pureté de leurs propres échantillons, ou pour tout autre travail de recherche.

Les frais généraux de conservation, de manipulation et de distribution des échantillons sont couverts par une subvention de l'«Unesco». Mais pour constituer la collection, il a été décidé de lancer un appel aux laboratoires et aux chimistes qui auraient préparé de telles substances à l'état de pureté suffisante, leur demandant de bien vouloir en déposer des échantillons dans le nouveau centre, ainsi créé dans l'intérêt commun de tous les hommes de science; chaque échantillon devrait être accompagné d'une notice succincte indiquant son mode de préparation et de purification et ses principales constantes. Toutefois, on est instamment prié de n'envoyer aucun échantillon à Bruxelles sans s'être au préalable concerté avec la direction du Bureau International des Etalons Physico-Chimiques.

Il est des cas, où l'auteur d'une recherche originale tient à conserver par devers lui l'échantillon de la substance qu'il a préparée; il peut cependant dans ce cas rendre encore service à ses collègues, en nous faisant connaître la nature et les constantes de la substance en question, de manière à nous permettre de dresser un fichier indiquant où l'on pourrait éventuellement se la procurer.

Il est bien entendu, que la nouvelle institution, d'un caractère purement scientifique, n'entend en aucune façon faire une concurrence quelconque à l'industrie chimique, et que les produits faciles à se procurer par achat, ne sont pas de son ressort. Cependant, les laboratoires de recherches de la grande industrie chimique possèdent souvent des échantillons de substances rares, préparés pour leurs propres besoins, en quantités limitées, et qui ne figurent par conséquent pas dans les catalogues des firmes industrielles et commerciales; ces laboratoires pourraient rendre un grand service à la science, en consentant à prendre leur part dans la réalisation du présent projet.

Nous espérons que cet appel trouvera un accueil favorable dans les milieux scientifiques du monde entier, et qu'ainsi se manifestera une nouvelle fois la solidarité internationale des hommes de science.

Pour des renseignements supplémentaires, prière de s'adresser à M. le Prof. J. Timmermans, directeur du Bureau International des Etalons Physico-Chimiques, Université Libre de Bruxelles, 50, Avenue Franklin Roosevelt, Bruxelles, Belgique.

Octobre 1947.

SOCIETATES

The New International Society for Cell Biology

Before the recent war, international congresses on experimental cytology were organised by the International Society for Experimental Cytology. The International Cytological Congress held at Stockholm in July 1947 was held under the auspices of a truncated committee of the International Society. At this Congress the old society was dissolved, and a new society, the Society for

Cell Biology, was founded. The new society will be responible for future international cytological congresses. It is a member of the International Union of Biological Sciences.

At Stockholm the following officers and committee were elected:— President: Professor J. Runnström (Sweden); Vice-Presidents: Dr. E. Fauré-Fremiet (France), Professor E. Newton-Harvey (U.S.A.), and Dr. G. Levi (Italy); Secretary and Treasurer: Dr. J. F. Danielli (Great Britain); Committee: Professor T. Caspersson (Sweden), Dr. Honor B. Fell (Great Britain), Professor A. Frey-Wyssling (Switzerland), Professor G. C. Heringa (Holland), Professor H. Okkels (Denmark), and Professor Paul Weiss (U.S.A.). Many of these officers and committee members held office in the old International Society for Experimental Cytology, and Professor Okkels was its secretary. An invitation has been received asking the new Society to hold the next Cytological Congress in the U.S.A.

Election to membership of the new Society for Cell Biology will normally be based on original contributions to knowledge in experimental cytology and experimental histology, and related fields. One hundred Foundation Members were invited to participate in the formation of the new Society. These were mainly chosen from those present at the Stockholm Congress, but included a few of those who had given distinguished assistance to the old Society. Applications for membership of the Society for Cell Biology will be welcomed. They may be addressed to Dr. J. F. Danielli, Royal Cancer Hospital, London S.W. 3, England, or may be sent in the first instance to any officer or committee member of the Society. Applications should normally be accompanied by a list of references to original contributions to knowledge.

PRAEMIA

Die Nobelpreise 1947 für Medizin (Physiologie), Chemie und Physik

Bernardo A. Houssay

Die Verleihung des Nobelpreises für Medizin und Physiologie an Bernardo A. Houssay krönt nicht nur die Arbeit eines einzigen Jahres, sondern ein ganzes Lebenswerk. Im Jahre 1910, als 23jähriger und schon Professor für Physiologie an der Universität Buenos Aires, veröffentlichte er seine ersten Untersuchungen über die Hypophyse des Frosches und die Wirkungen ihrer Extrakte. Es liegt in der Natur der Sache begründet, daß sich diese Arbeiten zu einer ganzen Forschungsrichtung entfalteten, denn später wurde klar, daß die Hypophyse die Tätigkeit sämtlicher innersekretorischer Drüsen steuert und über das Zwischenhirn auch maßgebend in den Intermediärstoffwechsel eingreift. Schon früh haben Houssays Arbeiten in Fachkreisen Anerkennung gefunden, und sein Name wurde Ende der zwanziger Jahre auch bei Nichtphysiologen bekannt, als er zeigen konnte, daß sich der Diabetes beim pankreatektomierten Tier schlagartig bessert, wenn man ihm auch die Hypophyse entfernt. Umgekehrt werden Hunde diabetisch, wenn man ihnen Hypophysenvorderlappenextrakt längere Zeit injiziert. Damit war die Existenz eines diabetogenen Prinzips im Hypophysenvorderlappen bewiesen. Den Wechselbeziehungen Hypophyse/Pankreas hat Houssay zahlreiche Studien gewidmet. Im Laufe der Jahre beschäftigte sich seine Schule auch mit den Korrelationen der Hypophyse zu Schilddrüse, Nebennieren, Keimdrüsen, Kohlehydratstoffwechsel usw., und die Zahl der aus seinem Institut hervorgegangenen Arbeiten grenzt nahezu an die 2000. Auf jedem dieser komplexen Gebiete gilt Houssay als eine der ersten Autoritäten. In der Untersuchung der Funktionen der anderen endokrinen Organe hat er Grundlegendes geleistet. 1921 zeigte er mit Lewis zusammen, daß von der Nebenniere nur die Rinde lebensnotwendig, das Mark hingegen entbehrlich sei. Aus den folgenden Jahren stammen Messungen des Insulinspiegels an Tieren in Parabiose (mit Lewis und Foglia). So wurde seine Arbeitsrichtung allmählich von der normalen zur pathologischen Physiologie abgedrängt. Im Jahre 1946 erschien seine neueste Monographie über die Rolle der Schilddrüse im Kohlehydratstoffwechsel und im Diabetes, und in den nächsten Wochen wird sein langjähriger Mitarbeiter Foglia über den Einfluß der Geschlechtshormone auf Entstehung und Unterdrükkung des Diabetes mellitus bei Ratten berichten.

Houssay ist einer der gewiegtesten und kritischsten Experimentatoren der Gegenwart. Er ist jeder Spekulation abhold und glaubt nur an das Experiment, eine Einstellung, die in Südamerika nicht selbstverständlich ist. Seine Versuchstiere rekrutieren sich aus dem ganzen Tierreich, von den Kröten bis zu den Alligatoren. Jahrelang untersuchte er eingehend die Toxikologie der in Argentinien einheimischen Spinnen, Schlangen und Skorpione, und gerne erzählt er, wie er von der Landbevölkerung fast wie ein Zauberer bestaunt worden sei, wenn er in der Provinz Entre Rios die Schlangen eigenhändig eingefangen habe. Zu gewissen Zeiten hat er bis zu hundert Mitarbeiter beschäftigt, und einige Assistenten hat er zu Collip, Mann, Sherrington u.a. geschickt, um den Kontakt mit der nichtlateinamerikanischen Wissenschaft zu pflegen.

Neben all seinen Arbeiten und Entdeckungen gebührt Houssay das Verdienst, Argentinien eine eigene Schule für experimentelle Medizin im weitesten Sinne des Wortes gegeben zu haben. Dieses Verdienst läßt sich erst dann richtig einschätzen, wenn man bedenkt, daß Südamerika heute noch eine riesige Kolonie ist, daß jede akademische Tradition in seinem Lande gefehlt hat, und daß wissenschaftliche Bücher und Zeitschriften erst über den Ozean herbeigeholt werden mußten. Auch heute noch hat er mit unvorstellbaren Schwierigkeiten zu kämpfen. All dies hat ihn nicht daran gehindert, bedeutende Schüler heranzuziehen, die heute Physiologie, Pharmakologie, Toxikologie und Endokrinologie an den übrigen Universitäten des Landes lehren.

Seine glänzende Karriere begann er schon in jungen Jahren. Mit 17 war er dipl. Apotheker, mit 21 Universitätsprofessor für Physiologie, mit 23 Arzt. Seine Ehrungen und Titel sind so zahlreich, daß ihre Nennung Seiten beanspruchen würde, und in seinem Hause fehlen die Wände, um alle ihm je verliehenen Diplome aufzunehmen. Er ist Mitglied sämtlicher medizinischer Akademien Südamerikas, Ehrenprofessor der Universitäten von Montevideo und Rio de Janeiro, Ehrendoktor von Oxford, Harvard, Montreal, Paris usw., Mitglied der Royal Society in Edinburgh, der Academia Pontificia in Rom, der Deutschen Akademie für Naturforscher, der russischen Gesellschaft für Endokrinologie usw. Als 32jähriger wurde er von der Harvard-Universität mit der Abhaltung der Dunham Lecture, betraut, die vor ihm Einthoven, Sherrington und Barcroft gelesen hatten. 1946 nahm Houssay in Toronto den Charles-Mickle-Preis entgegen, als der Mann, der die Wissenschaft in den letzten zehn Jahren am meisten gefördert hat. Im vergangenen April hat er in aller Stille seinen 60. Geburtstag gefeiert. Leider hat ihn die argentinische Regierung

in ihrem rücksichtslosen Klassenkampf gegen die Intelligenz des Landes am 6. September 1946 von seinem Lehramt abgesetzt, zusammen mit vielen Hunderten anderer Hochschullehrer. Als glühender Patriot hat er aber alle Berufungen an ausländische Universitäten abgelehnt und fährt fort, in seinem Privatinstitut die argentinische Jugend zu unterrichten und der Wissenschaft zu dienen.

S. Buchs

C. F. Cori und Gerty T. Cori

Der Kohlehydratstoffwechsel ist für die physiologische Forschung klassischer Boden. Die Aufmerksamkeit wurde durch die auffallende Störung des Zuckerumsatzes beim Diabetiker früh auf dieses Gebiet gelenkt und seit Claude Bernards Entdeckung des Glykogens und der «piqûre» haben sich namhafte Mediziner, Physiologen und Chemiker um die Lösung der Probleme bemüht, die mit der Verwertung des Zuckers zusammenhängen. Der erste sichtbare große Erfolg war die Entdeckung des Insulins. Seither ist die Forschung mächtig vorangeschritten. Neue Methoden ermöglichten viele der komplexen Vorgänge, wie sie sich am intakten Tier beobachten lassen, in Einzelreaktionen aufzulösen und die beteiligten Fermente im reinen Zustand darzustellen und zu studieren. Zu den bedeutendsten Vertretern dieser modernen Richtung auf dem Gebiete des Zuckerstoffwechsels gehören die diesjährigen Nobelpreisträger Carl F. Cori und Frau Gerty T. Cori, Washington University, St. Louis, Missouri. Die Coris galten seit langem als ausgezeichnete Kenner des Kohlehydratstoffwechsels. Ihre früheren Untersuchungen betrafen u.a. Fragen der Blutzuckerregulation, insbesondere die Verwandlung des Muskelglykogens in Blutzucker über den Umweg der Milchsäure und des Leberglykogens unter dem Einfluß des Adrenalins (der sog. Cori-Zyklus). Diese Arbeiten wurden mit der Folgerichtigkeit, die den großen Forscher kennzeichnet, weiterentwickelt und auf ein zentrales Problem gerichtet: den Abbau des Glykogens. Man kannte die Reaktionen, die von den phosphorylierten Zuckern im Muskel zur Milchsäure führten, aber es fehlte noch das wichtige Bindeglied zwischen dem Glykogen und den Hexosephosphorsäuren. 1936 entdeckten sie das erste phosphorylierte Abbauprodukt des Glykogens, die Glukose-1-phosphorsäure, die seither ihren Namen trägt. Sie isolierten die Fermente, die das anorganische Phosphat mit dem Glykogen zur Reaktion bringen und die weitere Umwandlung des entstehenden Esters bedingen. Die erste Reaktion des Glykogenabbaus erwies sich als umkehrbar: Aus dem Cori-Ester entsteht *in vitro* bei Gegenwart des spezifischen Ferments, der Phosphorylase, polymeres Kohlehydrat. Die Aufklärung der Glykogensynthese gehört zu den schönsten Entdeckungen der modernen Biochemie.

An diese Arbeiten schlossen sich Untersuchungen über die Phosphorylierung der freien Glukose an, insbesondere über das Ferment Hexokinase, die zu einer weiteren wichtigen Feststellung führten: Die Phosphorylierung der Glukose durch Hexokinase wird durch einen sehr labilen Stoff gehemmt, der in Extrakten aus dem Hypophysenvorderlappen vorhanden ist; diese Hemmung wird durch Insulin aufgehoben. Damit ist zum erstenmal eine einfache Fermentreaktion gefunden worden, die durch Insulin in spezifischer Weise beeinflußt wird. Es findet sich ferner bei dieser Reaktion der Antagonismus zwischen Insulin und Hypophyse wieder, der beim intakten Tier schon bekannt war, hauptsächlich durch die Arbeiten eines zweiten Nobelpreisträgers dieses Jahres, B. A. Houssays. Die Phosphorylierung ist das Tor, durch das die Glukose in den Stoffwechsel eintritt. Man hatte schon früher vermutet, daß das Insulin irgendwie eine Initialreaktion des Zuckerstoffwechsels beeinflußt. Aber erst durch die Entdeckung Coris ist für diese Annahme eine sichere Basis geschaffen worden und es ist wahrscheinlich, daß uns damit der Schlüssel für das Verständnis der Insulinwirkung in die Hand gegeben ist.

F. Leuthardt

Sir Robert Robinson

Der Nobelpreis für Chemie wurde Sir Robert Robinson, Wayneflete Professor of Chemistry, University of Oxford, verliehen. In Chesterfield 1886 geboren, studierte Robinson unter Perkin an der Universität Manchester. Mit Perkin hat ihn später eine lebenslängliche Zusammenarbeit verbunden. Mit 26 Jahren wurde er als Professor nach Sydney (Australien) berufen, drei Jahre später kehrte er als Ordinarius nach Liverpool zurück. Nach kurzer Tätigkeit in der britischen Farbstoffindustrie folgte er einem Ruf der Universität St. Andrews (Schottland), 1923 erhielt er den Lehrstuhl Perkins in Manchester, 1928–30 wirkte Robinson am University College in London und im Jahre 1930 berief ihn die Universität Oxford als Nachfolgers eines verstorbenen Lehrers Perkin nach Oxford.

Sir Robert Robinson, zur Zeit auch Präsident der Royal Society, gehört heute zu den ersten organischen Chemikern der Welt. Neben rein theoretischen Fragen der organischen Chemie bearbeitet er hauptsächlich Naturstoffe, vor allem Alkaloide und Blütenfarbstoffe. Bei den Alkaloiden befassen sich schätzungsweise 50 Arbeiten mit der Konstitution des Strychnins, an deren Aufklärung Robinson maßgeblich beteiligt ist. Eine elegante Synthese des Tropinons hat ihn bereits 1917 weltberühmt gemacht, noch wichtiger sind seine Arbeiten über die Konstitution der Morphinalkaloide, die in der Aufstellung der endgültig richtigen Morphinformel gipfelten. In den letzten 15 Jahren hat er sich vermehrt mit alizyklischen Verbindungen befaßt, seine Arbeiten über Synthesen in der Sterinreihe zählen ungefähr ein halbes Hundert. Von 1941 an hat sich Robinson in Zusammenarbeit mit einer großen Zahl von andern angelsächsischen Bearbeitern mit der Erforschung der Penicillinkonstitution beschäftigt. Ein anderes Arbeitsgebiet Sir Roberts sind langkettige Fettsäuren vom Typ der Phthionsäure, einer Säure, die aus dem Fett von Tuberkelbazillen isoliert wurde. Neben seinen Arbeiten über physiologisch interessante Körper hat er namentlich auch die chemische Methodik bereichert, hier sei nur an das systematische Verlängern von Kohlenstoffketten, an das Angliedern von alizyklischen Ringen an schon bestehende Ringsysteme, an gewisse Reduktionsmethoden u.a.m. erinnert.

Das auffallendste Merkmal der Arbeiten von Sir R. Robinson ist die Verquickung von schöpferischer Phantasie mit einer absoluten Beherrschung der chemischen Materie. Diese Gabe läßt ihn Lösungen für chemische Probleme finden, nach denen andere vergebens gesucht haben. Der Einfluß der Oxforder chemischen Schule auf die Entwicklung der britischen Chemie ist sehr groß: Eine beträchtliche Zahl der Schüler von Sir Robert lehrt heute an den Universitäten des britischen Imperiums und unzählige seiner früheren Mitarbeiter sind in den chemischen Industrien der ganzen Welt tätig.

E. Schlittler

Sir Edward Victor Appleton F.R.S.

Die wissenschaftlichen Ziele des Nobelpreisträgers für Physik, Sir Edward Victor Appleton F.R.S., London, liegen in der Erforschung der höchsten Atmosphärengebiete unter Zuhilfenahme elektromagnetischer Wellen. Die Erdatmosphäre wird in drei Regionen, die Troposphäre (0 bis 10 km Höhe), die Stratosphäre (10 bis 80–90 km Höhe) und darüber die Ionosphäre, eingeteilt. Appletons Arbeiten betreffen hauptsächlich das letztgenannte Gebiet, dem Sir R. A. Watson Watt den Namen gab. Die elektrische Leitfähigkeit der Ionosphäre, durch die darin enthaltenen Elektronen und Ionen (Spaltungsprodukte der die Gasreste bildenden Atome und Molekeln) bedingt, ist von eminentem Einfluß auf die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen durch die Erdatmosphäre. Ihr Studium hat infolgedessen höchste Bedeutung für die praktischen Bedürfnisse des radioelektrischen Nachrichtendienstes, wissenschaftlich aber für die Kenntnis der Eigenschaften jener Regionen, die bisher den Pilotballonen und Raumraketen unerreichbar blieben.

Mit Untersuchungen an Röhrengeneratoren und radioelektrischen Empfängern begannen Appletons physikalische Arbeiten in den Jahren 1921 bis 1924. Schon damals fesselten ihn die Fragen, die sich an die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen bei Tage und bei Nacht anschließen. Die von Kennelly in Amerika, von Heaviside in England vermutete elektrisch leitende Atmosphärenschicht in rund 100 km Höhe war bereits theoretisch für die unerwarteten Reichweiten der Radiostationen verantwortlich gemacht worden. Ihre reale Existenz zu erweisen gelang 1924 Appleton wohl als dem ersten unter Zuhilfenahme einer Frequenzmodulationsmethode. 1925 vermochten dann die Amerikaner Breit und Tuve mit einem sinnreichen Verfahren, das sich kurzer elektromagnetischer Wellenimpulse bediente, Appletons Nachweis zwingend zu stützen.

Von da an folgte eine wertvolle Veröffentlichung nach der andern aus der Feder Appletons, dem ein Stab von Mitarbeitern und reichliche Mittel des englischen Staates zur Verfügung standen. Schon um 1930 herum gab es keinerlei Zweifel mehr über die eminente Bedeutung, die alle Fragen der Ausbreitungsweise elektromagnetischer Wellen für eine eventuelle Verteidigung des Inselreiches gegen militärische Invasionsversuche gewinnen konnten. Unter Sir Watson Watts Leitung begannen die ersten Versuche über radioelektrische Ortsbestimmung zur See und in der Luft, wobei die immer größeren Umfang annehmenden staatlichen Versuchsstationen des «Radio Research Board», das in Appleton einen ganz besonders prädestinierten führenden Mitarbeiter besaß, wachsende Bedeutung gewannen.

Das ungeheure Zahlenmaterial aber, das sie seit 1924 durch ständige Beobachtungen lieferten, kam der Forschung in hervorragendem Maße zugute. Die Frequenzmodulations- und die Impulsmethode lieferten, gleichzeitig angewandt, Antworten auf Ausbreitungsfragen, die unsere Kenntnis von der Ionosphäre rasch erweiterten. 1929 erschien eine Reihe von Arbeiten über die wechselnde Höhe der Kennelly-Heaviside-Region, Appleton selbst entdeckte bald eine zweite in etwa 250 km mittlerer Höhe gelegene leitfähige Schicht, die er F-Region benannte, die heute aber seinen Namen trägt. Das magnetische Feld der Erde hat zur Folge, daß die Ionosphäre sich wie ein doppelbrechendes Medium verhält, ein zu ihr hinaufgesandter Strahl kann unter geeigneten Umständen verdoppelt, als ordentlicher und als außerordentlicher Strahl zur Erde zurückgebogen werden, falls die Wellenlänge, die ihn charakterisiert, nicht unter einem gewissen Werte liegt, der den Strahl dann befähigt, eine oder gar beide Ionenregionen zu durchdringen und sich im Weltenraume zu verlieren. Die Polarisation der genannten Teile des doppelt gebrochenen Strahles wurde genau erforscht, und es gelang, die experimentell gewonnenen Ergebnisse auch mathematisch darzustellen.

Appleton nahm als Vertreter der englischen Physik aktiv an der im Polarjahre 1932/33 veranstalteten Forschungsexpedition nach Tromsö teil, die wertvolle Aufschlüsse über das Verhalten der Ionosphäre in hohen Breiten ergeben hat. Wichtig ist auch seine Entdeckung, daß die Erdatmosphäre, deren mittlere Temperatur beim senkrechten Aufsteigen zuerst bis etwa -50^0 abnimmt, nachher aber, wie bisher schon bekannt, wieder anwächst, in der Höhe der F-Region, also bei etwa 300 km Temperaturen von 800–900° anzunehmen scheint (1935).

Bis zum Ausbruche des zweiten Weltkrieges sehen wir den Forscher mit den Zusammenhängen zwischen der Sonnenstrahlung und ihrer Wirkung auf die Ionosphäre, mit dem Einflusse des Mondes auf deren Reflexionsvermögen (Gezeiten der Ionosphäre) mit Sonnenflecken und Ausbrüchen auf der Sonne, mit Schwankungen des erdmagnetischen Feldes und dem Zusammenhange aller dieser Erscheinungen und der Wellenausbreitung auf der Erdoberfläche beschäftigt, bis der Krieg ihn ganz in den Dienst seines Landes stellte. Als einer der ersten Sachverständigen hat er Landesverteidigungsfragen unter Zuhilfenahme der radioelektrischen Ortsbestimmung bearbeitet und an der Entwicklung von *Radar*, dessen Anwendung England – und damit auch unser Land – vor verheerenden Folgen retten sollte, bestimmend Anteil genommen. Der König ernannte ihn zum Sekretär des englischen Department of Scientific and Industrial Research, eine Aufgabe, die an den unermüdlichen Gelehrten große Anforderungen stellt. Trotzdem findet er daneben noch Zeit, seine große theoretische und experimentelle Erfahrung neuen wichtigen Entdeckungen zur Verfügung zu stellen. In einem Privatbriefe äußerte er sich Ende Oktober 1947 darüber: «There are for me many unsolved problems, although I've been working on it for 25 years. How little one achieves and how much more there is to do!» Dieser treffende Satz kennzeichnet den ebenso bescheidenen wie erfolgreichen Gelehrten wohl am besten.

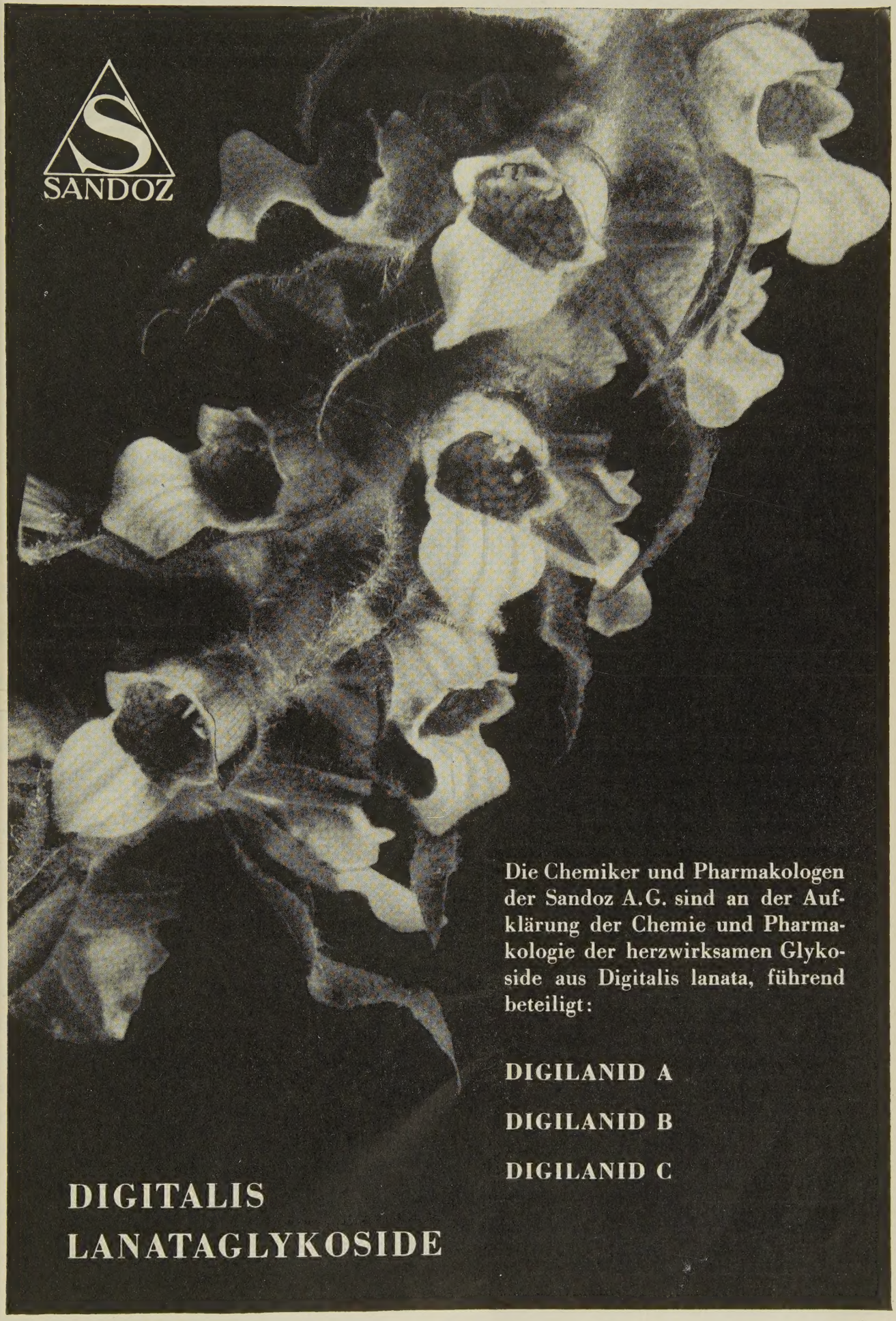
H. Zickendraht

L'index du vol. III (1947) sera joint au fasc. 2 du vol. IV (1948)

Das Inhaltsverzeichnis von Vol. III (1947) wird Fasc. 2, Vol. IV (1948) beigelegt

L'indice del vol. III (1947) sarà aggiunto al fasc. 2 del vol. IV (1948)

The general index of vol. III (1947) will be issued together with fasc. 2, vol. IV (1948)



SANDOZ

Die Chemiker und Pharmakologen der Sandoz A.G. sind an der Aufklärung der Chemie und Pharmakologie der herzwirksamen Glykoside aus Digitalis lanata, führend beteiligt:

DIGILANID A

DIGILANID B

DIGILANID C

DIGITALIS
LANATAGLYKOSIDE

Die außerordentliche Nachfrage aus dem Auslande hat dazu geführt, daß die EXPERIENTIA schon jetzt nicht mehr vollständig lieferbar ist, und daß wir einzelne Nummern sogar nachdrucken müssen. Wir sind daher bereit, folgende Nummern zur Ergänzung unseres Lagers zurückzukaufen, sofern sie gut erhalten und vollständig sind:

EXPERIENTIA

Vol. II, 1946, komplett (12 Nrn.) zu Fr. 10.–
Vol. II, 1946, Nr. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11 zu je Fr. 1.–
Vol. III 1947, Nr. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 zu je Fr. 1.–.

Auch bei den HELVETICA PHYSICA ACTA beginnen sich die bisher sehr großen Vorräte durch die andauernden Nachbestellungen zu lichten, und wir möchten daher vorläufig folgende Jahrgänge ankaufen:

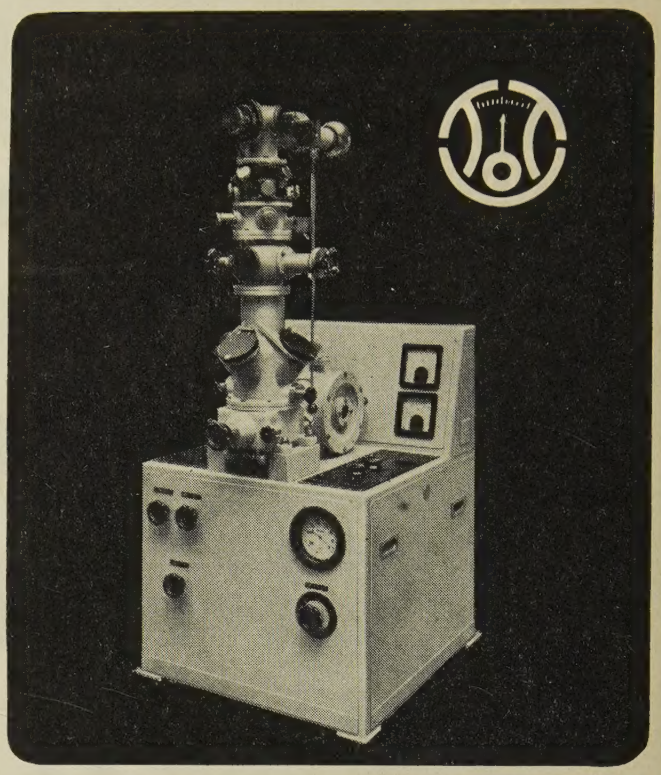
HELVETICA PHYSICA ACTA

Vol. IV, 1931 (Fasc. 1–6) zu Fr. 10.–
Vol. XIII, 1940 (Fasc. 1–6) zu Fr. 10.–.

VERLAG BIRKHÄUSER AG., BASEL 10

Elektronen-Diffraktographen

für Feinstrukturuntersuchungen der Materie



Trüb, Täuber & Co. AG.

Fabrik elektrischer Meßinstrumente und wissenschaftlicher Apparate, Zürich

Von den

ECLOGAE GEOLOGICAE HELVETIAE

suchen wir verschiedene Hefte, um die z. T. kleinen Vorräte zu ergänzen. Es handelt sich um folgende Bände, für die wir, eventuell auch nur für einzelne Hefte, Offerten erbitten:

Vol. I, II, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII, XIII, XIV, XV
Vol. 21, 24, 25, 28, 29, 30, 31, 32.

Von den

SCHWEIZ. PALÄONTOLOGISCHEN ABHANDLUNGEN

fehlen zum Teil ganze Bände, zum Teil aber auch nur Separata der Arbeiten, aus denen sich die Bände zusammensetzen. Wir sind daher für das Angebot folgender Bände, und der Separata aus diesen Bänden, dankbar:

Vol. I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XXI, XXIII, XXV, XXVII, XXVIII, XXIX, XXX, XXXI, XXXII, XXXIII, XXXIV, XXXV.

VERLAG BIRKHÄUSER AG., BASEL 10